

Control químico de *Fusariosis* de la espiga del trigo y su efecto sobre los componentes de producción y calidad de granos

Chemical control of *Fusarium* head blight of wheat and its effect on grain production and seed quality

Ruth Scholz^{1*}, Lidia Quintana², Aldo Ortiz² y Man Mohan Kohli³

¹ Instituto Paraguayo de Tecnología Agropecuaria, Centro de Investigaciones Capitán Miranda. Capitán Miranda, Paraguay.

² Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Itapúa, Paraguay.

³ Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas. Asunción, Paraguay.

RESUMEN

La fusariosis de la espiga del trigo (FET) producida principalmente por *Fusarium graminearum*, es una de las enfermedades más importantes para la producción del trigo en Paraguay, no solo por las pérdidas de rendimiento que ocasionan sino por la presencia de micotoxinas en granos. El objetivo del experimento fue evaluar distintos grupos químicos de fungicidas y sus mezclas para el control de FET y su relación con el rendimiento y niveles de micotoxina deoxinivalenol (DON) en granos de trigo. Los fungicidas fueron aplicados en tres estados de desarrollo del cultivo: espigazón, anthesis y grano lechoso en la variedad Canindé 13. Todos los fungicidas evaluados (Tebuconazole, Metconazole + Epoxyconazole, Azoxystrobin, Fluxapyroxad + Epoxyconazole + Pyraclostrobin, Azoxystrobin + Benzovindiflupir) disminuyeron significativamente en promedio los niveles de índice de infección del FET y aumentaron el rendimiento y peso de mil granos comparados al testigo sin control químico. La mayoría de los tratamientos que incluyeron estrobilurinas en su composición resultaron con los niveles más altos de DON (4,07-4,27 ppm) en granos de trigo. Entre los fungicidas evaluados, el Tebuconazole presentó el menor (1-1.5 ppm) nivel de concentración de DON en granos.

Palabras clave: *Triticum aestivum*, *Fusarium graminearum*, fungicidas, deoxinivalenol

ABSTRACT

Fusarium head blight (FHB) produced mainly by *Fusarium graminearum*, It is one of the most relevant diseases for wheat production in Paraguay continues to threaten the economic sustainability of crop producers, causing losses in grain yield and quality. The objective of the experiment was to evaluate different chemical groups of fungicides for the control of *Fusarium* head blight and its effect on yield and mycotoxin deoxinivalenol levels in wheat grains. The fungicides were applied in three wheat growth stages: head emergence, anthesis and milky grains. All evaluated fungicides (Tebuconazole, Metconazole + Epoxyconazole, Azoxystrobin, Fluxapyroxad + Epoxyconazole + Pyraclostrobin, Azoxystrobin + Benzovindiflupir) significantly decreased the infection levels of *Fusarium* head blight and increased the yield and thousand grains weight compared with the non-sprayed control. Treatments that included strobilurins in their composition resulted in the highest levels of DON (4.07-4.27 ppm) in wheat grains. Among the fungicides evaluated, Tebuconazole showed the lowest level of DON concentration in grain (1-1.5 ppm).

Key words: *Triticum aestivum*, *Fusarium graminearum*, fungicides, deoxynivalenol

*Autor para correspondencia:

ruti_scholz@hotmail.com

Conflicto de interés:

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Licencia:

Artículo publicado en acceso abierto con una licencia Creative Commons CC-BY

Contribución de autoría:

Todos los autores realizaron contribuciones sustanciales en la concepción y diseño de este estudio, al análisis e interpretación de datos, a la revisión del manuscrito y la aprobación de la versión final. Todos los autores asumen la responsabilidad por el contenido del manuscrito.

Historial:

Recibido: 05/12/2018;
Aceptado: 26/07/2021

Periodo de Publicación:

Enero-Junio de 2021

INTRODUCCIÓN

El trigo en Paraguay es afectado principalmente por un complejo de enfermedades fúngicas en presencia de ambientes favorables para los patógenos, entre ellas, la fusariosis de la espiga de trigo (FET) causada por el complejo *Fusarium graminearum* (Sacc), teleomorfo *Gibberella zeae* (Schwabe), que se constituye en una de las enfermedades más

destructivas, no solo por el impacto en la producción de granos sino por el deterioro en la calidad del grano, especialmente por el alto nivel de micotoxinas producidas por el hongo (Quintana Viedma, 2012; Arrúa Alvarenga et al., 2014). Entre las diversas especies que causan la fusariosis del trigo en el país se pueden citar a *F. graminearum*, *F. semitectum*, *F. avenaceum*, *F. equisiti* y *F. culmorum*, (Quintana & Morel, 2004; Arrúa, 2015). *F. graminearum* es

considerado el patógeno causante de la fusariosis de la espiga más prevalente y agresivo en el trigo en varios países de la región como Uruguay, Argentina, Brasil y Paraguay (Umpierrez-Falaiche et al., 2013; Martínez et al., 2014; Deuner, Viana, Nicolodi Camera, Camera & Melo Reiss, 2015; Arrúa, 2015).

Fusarium graminearum y *Fusarium culmorum* se encuentran entre las especies más importantes causantes de la fusariosis de la espiga y son considerados asimismo las de mayor capacidad de acumulación de deoxinivalenol (DON), una micotoxina del grupo de los tricotecenos, causante de micotoxicosis grave en humanos y animales (Scarpino, Reyneri, Sulyok, Krska & Blandino, 2015; Nielsen, Cook, Edwards & Ray, 2014). En el Paraguay, *Fusarium graminearum* es aislado en 90% de las muestras de semilla de trigo proveniente de cultivos comerciales (Quintana & Morel, 2004; Arrúa, 2015). La infección por FET y la presencia de DON en granos de trigo dependen de varios factores, sobre todo las condiciones climáticas prevalecientes en el estado de floración, pero también influyen otros factores como la rotación de cultivos, siembra sobre rastrojos, susceptibilidad varietal y aplicación de fungicidas (Reis, Baruffi, Remor & Zanatta, et al., 2011).

El hongo sobrevive en restos de cultivo y tiene una amplia gama de hospederos y su inóculo está presente en el aire durante todo el año. Las epidemias de FET son compatibles con los sistemas de cultivo que dejan una gran cantidad de restos de cultivos en la superficie del suelo (Xu et al., 2008; Blandino et al., 2012). Existen asimismo estudios que relacionan al rastrojo de trigo con elevados niveles de contaminación de DON (Bissonnette, Kolb, Ames & Bradley, 2018), por lo que algunas estrategias de manejo como la rotación de cultivos no son muy eficientes (Reis, Baruffi, Remor & Zanatta, 2011).

Por otro lado, la resistencia genética, se destaca como la estrategia más eficiente y de menor costo y a pesar de eso, se verifica, que para el patosistema fusariosis-trigo, estudios más recientes muestran genotipos con cierto grado de resistencia o tolerancia a *F. graminearum* (Arrúa et al., 2014; Alberione, Ortega, Salines, Astoreca & Alconada, 2016; Gagkaeva, Orina, Gavrilova, Ablova, & Bepalova, 2018).

A pesar de estos hallazgos, el nivel de tolerancia a los trigos comerciales a nivel de campo aún no es satisfactoria. La aplicación de fungicidas juega un papel importante en el manejo integrado de la FET, los fungicidas se aplican generalmente en la antesis para disminuir las pérdidas de rendimiento y la contaminación por micotoxinas (Amarashinghe, Tamburic-Ilincic, Gilbert, Brulé-Babel & Dilanha, 2013). En general, se reporta que los fungicidas DMI (inhibidores de la biosíntesis de esteroides)

como triazoles e imidazoles son los más utilizados contra infección de FET y contaminación de granos, en contraste con las estrobilurinas que aumentan la concentración de DON (Haidukowski et al., 2005; Paul et al., 2008; Wegulo, 2012; Garmendia et al., 2018). Se han reportado disminuciones de DON en granos de 46-48 % con aplicaciones de tebuconazol y metconazol (Ioos, Belhadj, Menez & Faure, 2005).

A nivel nacional, la principal estrategia utilizada en el país para proteger el trigo contra la FET es a través de aplicaciones de fungicidas, durante la antesis. Hasta la fecha, no se han realizado en el país trabajos de investigación sobre control químico de la fusariosis de la espiga del trigo y su relación con el contenido de micotoxinas en granos, por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de distintos grupos químicos de fungicidas para control de FET y su efecto en el rendimiento y el contenido de DON en grano de trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del ensayo y tratamientos fungicidas

El experimento se llevó a cabo durante el ciclo 2016 en la parcela experimental del Instituto Paraguayo de Investigación Agraria (IPTA) en la localidad de Capitán Miranda, Departamento de ITAPÚA, Paraguay. La variedad de trigo utilizada fue Canindé 13, moderadamente susceptible a FET. Los tratamientos incluyeron siete fungicidas solos o en mezcla y un testigo sin pulverizar, totalizando 7 tratamientos.

Fungicidas evaluados y dosis:

1. Tebuconazol 25% (750 ml ha⁻¹)
2. Metconazole 2,75% + epoxiconazole 3,75 (1500 ml ha⁻¹)
3. Metconazole 2,75% + epoxiconazole 3,75 % (2000 ml ha⁻¹)
4. Azoxystrobin 20% + ciproconazole 8% (3,5 ml ha⁻¹)
5. Fluxapyroxad 5% + epoxyconazole 5% + pyraclostrobin 8,1% (10,5 ml ha⁻¹)
6. Azoxystrobin 30% + benzovindiflupir 15% (300 ml ha⁻¹)

El diseño utilizado fue bloques al azar por tres repeticiones con arreglo factorial. Las parcelas experimentales estuvieron conformadas por 12 surcos de 5 m de largo con una distancia de 0,18 m entre hileras. Los fungicidas se aplicaron en tres

Tabla 1. Temperaturas medias, humedad relativa y precipitación durante junio, julio, agosto y septiembre 2016.

Meses	Precipitación mm	Temperatura °C	Humedad relativa %
Junio	9,00	11,6	71,8
Julio	29,50	17,5	77,2
Agosto	40,50	18,0	74,0
Septiembre	39,00	12,5	78,2

Fuente: Estación Meteorológica. IPTA Capitán Miranda (2016).

estados de crecimiento (Zadoks, Chang & Konzak, 1974), espigazón (GS 61); 50 % de antesis (GS.65) y grano lechoso (GS 8.3). Las aplicaciones de los fungicidas se realizaron con un pulverizador a mochila propulsado con CO₂ provisto de seis picos tipo abanico Teejet espaciado de 50 cm entre boquillas y con barra de 2 m de largo con volumen de 1000 ml de agua.

Las temperaturas medias, la humedad relativa y las precipitaciones durante junio, julio, agosto y septiembre son presentados en la Tabla 1.

Durante el ciclo del cultivo se registraron precipitaciones escasas, distribuidas en los 4 meses registrándose en el mes de agosto la mayor cantidad de lluvia totalizando 41 mm coincidiendo con la etapa espigazón y floración del cultivo.

Evaluación visual de espigas con síntomas

La incidencia y severidad de la enfermedad de cada parcela se evaluó visualmente a los 20 días después de la aplicación de fungicidas de acuerdo con la escala de Stack y Mac Mullen (1995). Para la incidencia se utilizó la fórmula: número de espigas con síntomas / total de espigas x 100.

La incidencia de la enfermedad se expresó como el porcentaje de espigas infectadas en las 3 hileras centrales de cada parcela. La severidad, como el porcentaje promedio de cada espiga infectada, en una escala de 0-100%. Se calculó el índice de FET para cada parcela usando la siguiente fórmula: Índice FE = (porcentaje de incidencia de enfermedad x porcentaje severidad de la enfermedad / 100).

Determinación de rendimiento y peso de mil semillas

Los granos fueron cosechados a la madurez mecánicamente usando una trilladora experimental marca Wintersteiger y fueron pesados con una balanza de precisión y expresado en kg ha⁻¹. Para la determinación del peso de mil granos y la humedad se tomaron submuestras con granos provenientes de cada parcela. El peso de mil granos fue expresado en gramos. La humedad fue ajustada a 12%.

Determinación de niveles de DON en muestras de semilla

Para la cuantificación de la micotoxina DON fueron tomadas sub muestra de 1 kg de semilla en cada tratamiento y enviadas al Laboratorio de calidad de Semilla de la Cooperativa Colonias Unidas. Se utilizó el Equipo Vertu Lateral Flow Reader de VICAM© y las cintas cuantificadoras Don-V. Límite de detección de 0,1 a 5 ppm.

Análisis estadísticos

El Análisis de varianza (ANOVA) se realizó para el índice de fusariosis de la espiga (Índice de FET) peso de mil granos, rendimiento y contenido de DON utilizando el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo, Casanoves, Balzarini, Gonzalez, Tablada & Robledo, (2013) y para los valores que resultaron significativos se realizó la comparación de medias mediante el test de Duncan ($p \leq 0,05$). Para determinar el efecto de los fungicidas en las variables de FET los tratamientos con fungicidas, incluidos testigo sin protección química se incluyeron en los primeros análisis. Posteriormente, se realizó un análisis por separado sin el control fungicida no pulverizado para identificar diferencias entre los tratamientos con fungicidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación visual del índice del FET

Las condiciones ambientales prevalentes en el año 2016 se mostraron favorables para el desarrollo de *F. graminearum* en condiciones de campo (Tabla 1). Sin embargo, el índice de FET presentó diferencia altamente significativa ($P < 0,001$) para tres los efectos estudiados (FET, peso de 1000 granos y nivel de toxina DON (Tabla 2). Los fungicidas evaluados disminuyeron el índice promedio de FET (8,4) en los diferentes momentos de aplicación, comparado al testigo sin protección química (Figura 1). Asimismo, se observó un incremento de los componentes de la producción como el rendimiento promedio de grano (13%) y peso de mil granos (11%) con relación al testigo sin control químico (Figura 2 y 3).

Tabla 2. Valor p de significancia para el rendimiento, peso de mil semillas, deoxinivalenol y fusariosis de la espiga de trigo.

Fuente de varianza	Rendimiento	Significancia estadística (valor p)		
		PMS	DON	FET
Productos fungicida	0,2969 (ns)	<0,0001 (**)	<0,0001 (**)	<0,0001 (**)
Momento de aplicación	0,0001 (**)	0,2002 (ns)	-	<0,0001 (**)
Interacción fungicida x momento	0,2002 (ns)	0,0669 (ns)	-	<0,0001 (**)

PMS: peso de mil semillas, DON: Deoxinivalenol, FET: fusariosis de la espiga de trigo, **: altamente significativo, ns: no significativo

Estos resultados son similares a los encontrados por otros autores confirmando la eficiencia de los fungicidas triazoles para el control de FET ya sea en condiciones naturales de infección a campo o en condiciones controladas (Baturo-Cieśniewska, Lukanowski & Kolenda, 2011; Blandino et al., 2012; Amarashinghe et al. 2013). Blandino, Pilati & Reyneri (2009) señalan que en aplicaciones de fungicidas triazoles en espigazón plena se logró una reducción del 14% y 11% de incidencia y severidad del FET comparado al testigo no pulverizado.

Rendimiento de granos

El ANOVA no presentó diferencia significativa entre los fungicidas evaluados, pero, fue positivo para el efecto momentos de aplicación de fungicidas x rendimiento (Tabla 2). Todos los tratamientos fungicidas incrementaron los rendimientos comparados al testigo sin control químico (Figura 2), lo cual es similar a los trabajos de otros investigadores que reportaron reducciones de FET y aumento de rendimiento de grano entre 17 y 80% con la aplicación de diferentes

fungicidas triazoles (prothioconazole, tebuconazole, metconazole and prothioconazole+ tebuconazole) evaluados con relación al testigo no pulverizado (Amarashinghe et al., 2013). En efecto, Blandino et al. (2009) reportan que fungicidas del grupo de los triazoles pulverizado en media antesis, condujo a un aumento del 20% en el rendimiento de trigos duros.

Peso de mil granos

El ANOVA presentó diferencia altamente significativa para la variable peso de 1000 granos, que fue afectada significativamente por los fungicidas evaluados. Todos los tratamientos evaluados incrementaron el peso de mil granos en la variedad Canindé13, comparados al testigo sin control químico (Figura.3). Estos hallazgos son similares a lo reportado por Blandino et al. (2009), donde se registraron aumentos de 7% en el peso de mil granos con relación a testigos no pulverizado. La interacción productos fungicidas x momentos de aplicación fue no significativa para esta variable (Tabla 2).

Tabla 3. Valor p de significancia para momentos de aplicación en tres estados fenológicos del cultivo.

Nombre comercial	Espigazón	Momentos			Promedios
		Floración	Grano lechoso		
Tebuconazol 750 cc	1484	1480	1394	1452	
Duett plus 1,5l	1525	1617	1324	1489	
Duett plus 2l	1470	1584	1285	1446	
Priori gold 3,5 cc	1458	1418	1391	1422	
Orquesta 10,5 cc	1498	1397	1418	1438	
Mazem 300 gr	1602	1660	1349	1537	
Promedios	1506 b	1526 b	1360 a	1464	
Valor p productos				0,29690 ^{ns}	
Valor p momentos				0,00010 ^{**}	
Valor p interacción				0,20020 ^{ns}	

** : diferencia altamente significativa, ns: diferencia no significativa. letras distintas en las filas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en Prueba de Duncan.

Acumulación de DON en granos

El nivel de la toxina deoxinivalenol (DON) presentó diferencia altamente significativa en el ANOVA, la concentración más baja de DON (1-2.5 ppm) se registró con el fungicida Tebuconazol, correspondiente al grupo químico de los triazoles, otros fungicidas como la doble mezcla de Metconazole +Epoxiconazole en diferentes dosis redujeron

también considerablemente el contenido de DON en granos (Figura 4).

Estos resultados son similares a lo reportado por Scarpino et al. (2015). La mezcla de Fluxapyroxad + Epoxyconazole + Pyraclostrobin y, Azoxystrobin + Ciproconazole, presentaron el máximo contenido de DON (4,0 ppm) en granos (Figura 4).

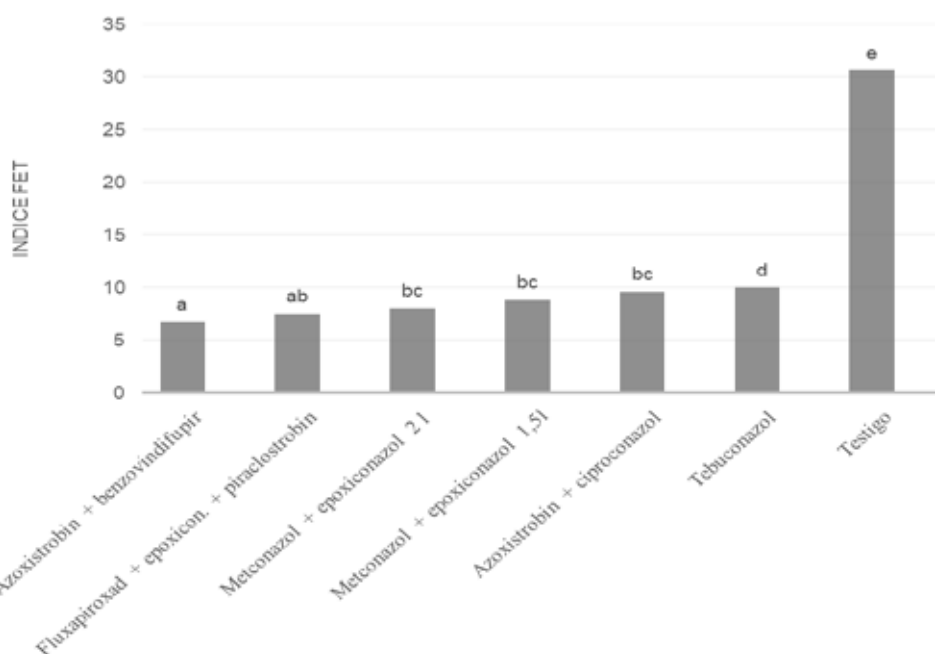


Figura 1. Índice de la fusariosis de la espiga (FET) con diferentes tratamientos de fungicidas.

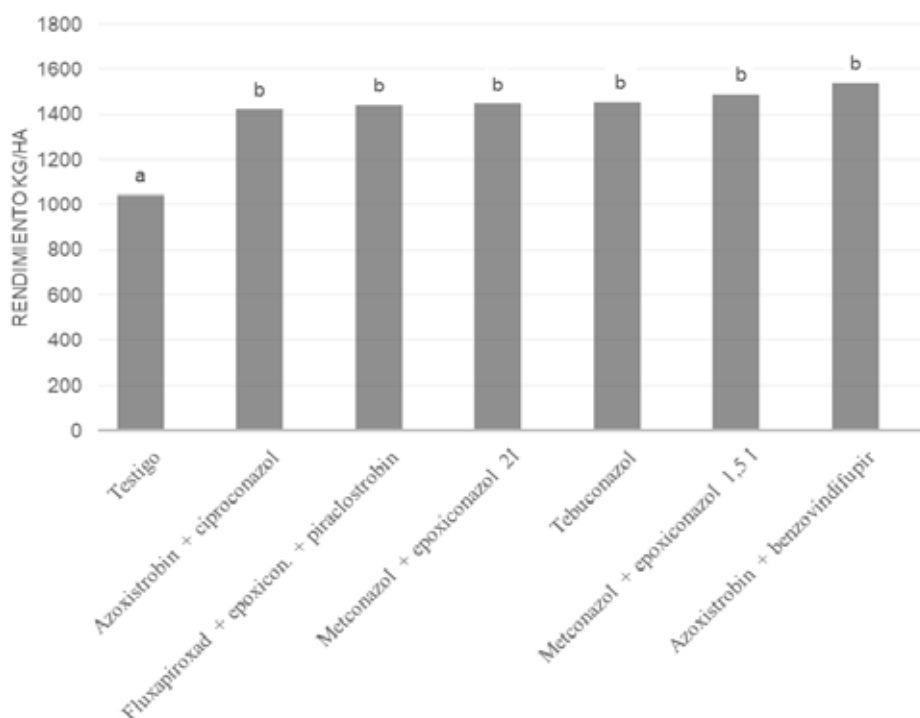


Figura 2. Media de rendimiento (Kg/ha) de la variedad Caninde 13 con diferentes tratamientos fungicidas.

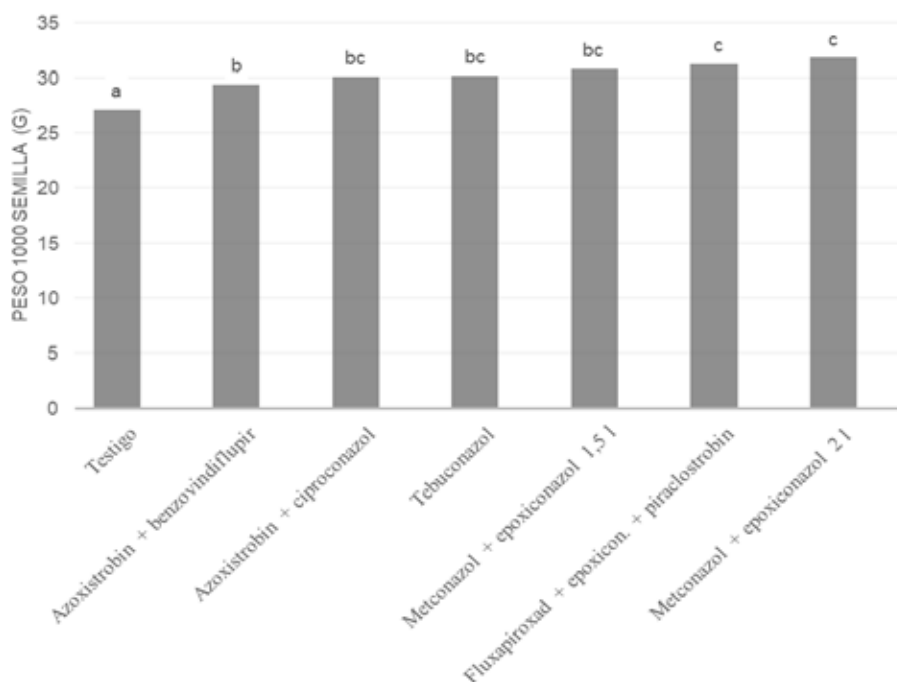


Figura 3. Promedio de peso de mil granos (g) con diferentes tratamientos fungicidas.

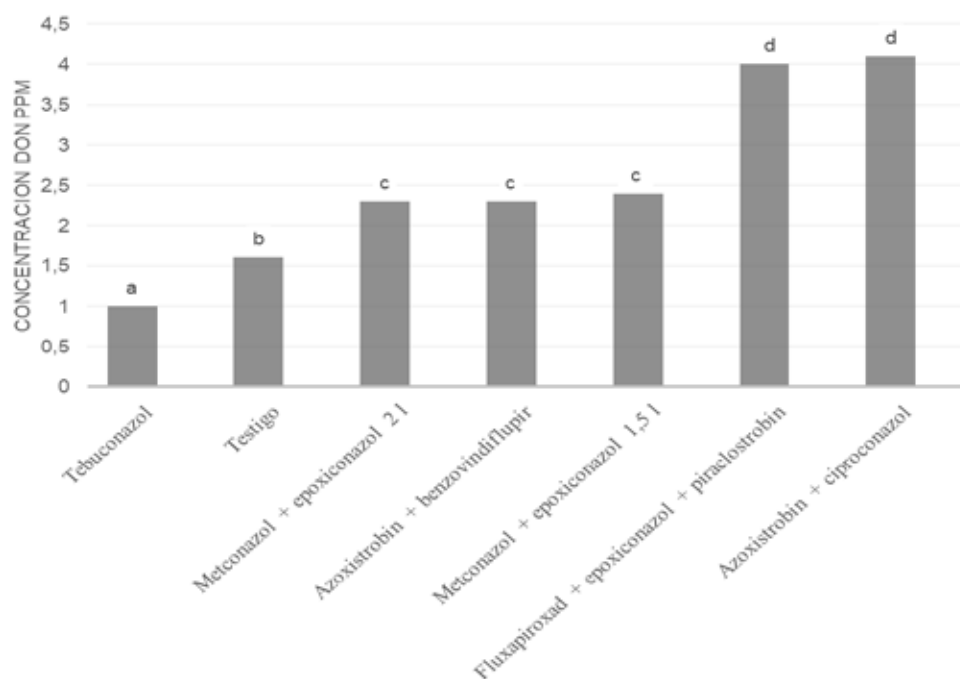


Figura 4. Niveles de toxina DON expresado en ppm con diferentes tratamientos fungicidas.

Haidukowski et al. (2005) señalaron que muestras protegidas con la azoxistrobina contenían más DON que las muestras protegidas con metconazol, lo cual concuerda con los resultados de este trabajo. Por otro lado, investigaciones llevadas a cabo por Ioos et al. (2005) indican que en cultivos de trigo tratados con los fungicidas tebuconazole y metconazol se redujeron las concentraciones de la toxina DON en 46 y 48 % respectivamente.

CONCLUSIONES

Los resultados de este experimento ejecutado a campo, indican una reducción del nivel de FET e incrementos en el rendimiento y niveles más bajos de contaminación de granos con la micotoxina DON, con el uso de fungicidas triazoles desde espigazón hasta media antesis.

El tebuconazole logra reducir al nivel más bajo el contenido de la micotoxina DON con relación a los otros fungicidas evaluados. La mayoría de los fungicidas con estrobilurinas en su composición aumentaron el nivel de DON en granos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberione, E. J., Ortega, L. M., Salines, N., Astoreca, A. L. & Alconada, T. M. (2016). Comportamiento genético de diversos genotipos de trigo frente a *Fusarium graminearum*. *Agrociencia*, 50 (3), 335-346.
- Amarashinghe, C., Tamburic-Ilincic, L., Gilbert, J., Brûlé-Babel, A. L. & Dilantha, W.G. (2013). Evaluation of different fungicides for control of *Fusarium* head blight in wheat inoculated with 3ADON and 15ADON chemotypes of *Fusarium graminearum* in Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 35(2), 200-208. doi: 10.1080/07060661.2013.773942.
- Arrúa Alvarenga, A., Moura Mendes, J., Casal Martínez, C., Dujak Riquelme, C. E., Fernández Ríos, D., Oviedo de Cristaldo, R. M. & Kohli, M. M. (2014). Incidencia de hongos del complejo *Fusarium graminearum* y acumulación Deoxinivalenol en líneas de trigo. *Investigación Agraria*, 16(1), 43-48.
- Arrúa, A. A. (2015). Avances en la investigación de la fusariosis de la espiga en Paraguay. En: M. M. Kohli, L. E. Cubilla & G. Cabrera (Eds.). *Quinto Seminario Nacional de Trigo: del Grano al Pan* (pp. 139-150). Asunción: CAPECO, INBIO.
- Baturo-Cieśniewska, A., Lukanowski, A. & Kolenda, M. (2011). Effect of fungicide application on wheat head blight occurrence of *Fusarium* spp and micotoxin production. *Plant Breeding and Seed Science*, 63(1). doi: 10.2478/v10129-011-0013-2
- Bissonnette, K. M., Kolb, F. L., Ames, K. A. & Bradley, C. A. (2018). Effect of *Fusarium* Head Blight Management Practices on Mycotoxin Contamination of Wheat Straw. *Plant Disease*, 102 (6), 1141-1147. doi: 10.1094/PDIS-09-17-1385-RE
- Blandino, M. A., Pilati, A. & Reyneri, A. (2009). Effect of foliar treatments to durum wheat on flag leaf senescence, grain yield, quality and deoxynivalenol contamination in North Italy. *Field Crop Research Journal*, 114(2), 214-222. doi: 10.1016/j.fcr.2009.08.008
- Blandino, M. A., Haidukowski, M., Pascale, M., Plizzari, L., Scudellari, D. & Reyneri, A. (2012). Integrated strategies for the control of *Fusarium* head blight and deoxynivalenol contamination in winter wheat. *Field Crop Research Journal*, 133(2012), 139-149. doi: 10.1016/j.fcr.2012.04.004
- Deuner, C. C., Viana, E., Nicolodi Camera, J., Camera, J. N. & Melo Reis, E. (2015). Resistência de cultivares de trigo à giberela mediante inoculação artificial em espiguetas. *Summa Phytopathologica*, 41(3), 202-206. doi: 10.1590/0100-5405/1994
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. (2013) *InfoStat Versión*. InfoStat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Gagkaeva, T. Y., Orina, S. A., Gavrilova, O. P., Ablova, I. B. & Bepalova, L. A. (2018). Characterization of resistance of winter wheat varieties to *Fusarium* head blight. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 22. 685-692. doi: 10.18699/VJ18.411
- Garmendia, G., Pattarino, L., Negrín, C., Martínez-Silveira, A., Pereyra, S., Ward, T. J. & Vero, S. (2018). Species composition, toxigenic potential and aggressiveness of *Fusarium* isolates causing Head Blight of barley in Uruguay. *Food Microbiology*, 76, 426-433. doi: 10.1016/j.fm.2018.07.005
- Haidukowski, M., Pascale, M., Perrone, G., Pancaldi, D., Campagna, C. & Visconti, A. (2005). Effect of fungicides on the development of *Fusarium* head blight, yield and deoxynivalenol accumulation in wheat inoculated under field conditions with *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 191-198. doi: 10.1002/jsfa.1965
- Ioos, R., Belhadj, A., Menez, M. & Faure, A. (2005). The effects of fungicides on *Fusarium* spp. and *Microdochium nivale* and their associated trichothecene mycotoxins in French naturally-infected cereal grains. *Crop Protection*, 24(10), 894-902. doi: 10.1016/j.copro.2005.01.014
- Martínez, M., Castañares, E., Dinolfo, M. I., Pacheco, W. G., Moreno, M. V. & Stenglein, S. A. (2014). Presencia de *Fusarium graminearum* en muestras de trigo destinado al consumo humano. *Revista Argentina de Microbiología*, 46(1), 41-44. Recuperado de: <http://org/articulo.oa?id=213030865012>
- Nielsen, L. K., Cook, D. J., Edwards, S. G. & Ray, R. V. (2014). Prevalence and impact of *Fusarium* head blight pathogens and mycotoxins on malting barley quality in UK. *International Journal of Food Microbiology*, 179(100), 38-49. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.03.023
- Paul, P. A., Lipps, P. E., Hershman, D. E., McMullen, M. P., Draper, M. A. & Madden L.V. (2008). Efficacy of triazole-based fungicides for *Fusarium* head blight and deoxynivalenol control in wheat: A multivariate meta-analysis. *Phytopathology*, 98(9), 999-1011. doi:10.1094/PHYTO-98-9-0999
- Quintana, L. & Morel, W. (2004). Especies de *Fusarium* en semilla de trigo en el Paraguay. En: *Memorias Jornadas Técnicas Cincuentenario CRIA* (pp.102-103). Capitán Miranda, Paraguay: MAG/DIA/CRIA.
- Quintana Viedma, L. (2012). Germoplasma de trigo resistente a la fusariosis de la espiga del trigo (*Fusarium graminearum*) con bajo contenido de micotoxina. En: *Tropical Plant Pathology 37 (Suplemento) 45º Congreso Brasileiro de Fitopatología*. Manaus, AM.
- Stack, R. W. & McMullen, M. P. (1995). *A visual scale to estimate severity of Fusarium head blight in wheat*. NSDU Extension Service. North Dakota State University. Recuperado de <https://library>.

- ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/9187/PP1095_1998.pdf?sequence=1
- Reis, E. M., Baruffi, D., Remor, L. & Zanatta, M. (2011). Decomposition of corn and soybean residues under field conditions and their role as inoculum source. *Summa Phytopathologica*, 37(1), 65-67. doi: [10.1590/S0100-54052011000100011](https://doi.org/10.1590/S0100-54052011000100011).
- Scarpino, V., Reyneri, A., Sulyok, M., Krska, R. & Blandino, M. (2015). Effect of fungicide application to control Fusarium head blight and Fusarium and Alternaria mycotoxins in winter wheat (*Triticum aestivum*), *World Mycotoxin Journal*, 8(4), 499-510. doi: [10.3920/WMJ2014.1814](https://doi.org/10.3920/WMJ2014.1814)
- Umpierrez-Falaiche, M., Garmendia, G., Pereyra, S., Rodríguez, A., Ward, T. J. & Vero, S. (2013). Regional differences in species composition and toxigenic potential among Fusarium head blight isolates from Uruguay indicate a risk of nivalenol contamination in new wheat production areas. *International Journal of Food Microbiology*, 166(1), 135-140. doi: [10.1016/j.ijfoodmicro.2013.06.029](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.06.029)
- Wegulo, S. N. (2012). Factors influencing deoxynivalenol accumulation in small grain cereals. *Toxins (Basel)*, 4(11):1157-80. doi: [10.3390/toxins4111157](https://doi.org/10.3390/toxins4111157)
- Xu, X. M., Nicholson, P., Thomsett, M. A., Simpson, D., Cooke, B. M., Doohan, F. M., Brennan, J., Monaghan, S., Moretti, A., Mule, G., Hornok, L., Beki, E., Tatnell, J., Ritieni, A. & Edwards, S. G. (2008). Relationship between the fungal complex causing Fusarium head blight of wheat and environmental conditions. *Phytopathology*, 98(1), 69-78. doi: [10.1094/PHYTO-98-1-0069](https://doi.org/10.1094/PHYTO-98-1-0069)
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415-421. doi: [10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x)