

Efectividad de fungicidas en el control de escaldadura (*Rhynchosporium secalis*) en trigo (*Triticum aestivum* (L.) Thell)

[Effectiveness of fungicides in scald (*Rhynchosporium secalis*) control on wheat (*Triticum aestivum* (L.) Thell)]

Ricardo Hernández Pérez, Teresa de J. Ramírez Pedraza, and Daniel Perales Rosas

Laboratorio de Agrobiológico Fitolab S.A de C.V. Bugambilia No.9, Col. El Mirador de Puxtla, Cautla, Morelos, C.P. 62 758, México

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The routine and excessive use of fungicides to control fungal diseases in the field, without perceiving the risks and vulnerability they cause, must be considered in modern agriculture. The objective was to evaluate the effectiveness of some fungicides for the control of scald (*Rhynchosporium secalis*) in wheat, evaluating their impact on yield. A completely randomized design was used, with five treatments and four repetitions. The fungicides applied by spraying were: picoxystrobin + cyproconazole, tebuconazole and pyraclostrobin. The incidence, severity, and biological effectiveness to control scald, finding the percentages according to formulas in each treatment. Number of seeds and the average weight of the grain per spike were evaluated. At four months, the average number of seeds per spike and the average weight of the grain were evaluated. The scald affected the culture from the early stages and with high inoculum pressure. The highest biological effectiveness was obtained with tebuconazole 500 mL ha⁻¹, followed by (picoxystrobin + cyproconazole) 400 mL ha⁻¹. Both in the average number of seeds per spike and in the average grain weight, the best result was when pyraclostrobin was applied, followed by picoxystrobin + cyproconazole. tebuconazole only favored the average grain weight. The results showed that use of fungicides was convenient to reduce the decrease in wheat production, always mixed with an adjuvant.

KEYWORDS: Adjuvant, biology effectiveness, Tlaxcala cultivar, yield, pest.

1 INTRODUCCIÓN

En México las principales regiones trigueras se ubican en el Noroeste, donde se produce 53,3% del total nacional, y en el Bajío que contribuye un 28,3%. En ambas regiones el trigo se produce en el ciclo otoño-invierno, en condiciones de riego. El 18,4% restante se produce en áreas de temporal, principalmente en los valles altos de México. De cada mil kilogramos del grano trillado en el mundo, cinco de ellos los genera la agricultura mexicana. Entre 2012 y 2017, el número de países de compra pasó de 19 a 21 y entre las diez entidades federativas de México con mayor volumen de producción se encuentra Tlaxcala con 50,465 ton (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [26]).

La producción de trigo (*Triticum aestivum* (L.) Thell), se encuentra afectada por diversas enfermedades fungosas como las del género *Puccinia*. Line y Chen (1995) indicaron que la roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* W.), roya de la hoja (*Puccinia triticina* E.) y roya del tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*), han sido consideradas como las enfermedades más destructivas del cereal a nivel mundial [11], [27], [35]. Sin embargo, algunos otros patógenos como la escaldadura de la hoja de la cebada (*Rhynchosporium secalis* (Oudem) Davis) son también agentes que producen daños fundamentalmente en lámina foliar y glumas. La enfermedad se desarrolla en hojas como manchas desde ovals a irregulares que tienen apariencia verde azulada mojado. Las lesiones se agrandan, su centro se vuelve gris pálido amarronado y se desarrollan borde marrón oscuro. El hongo también infecta órganos florales y produce pérdidas en rendimiento entre 35% y 40%, reduce el peso del grano, el

número de tallos y el número de granos por espiga. Sobrevive largo tiempo en residuos sobre la superficie del suelo y en rastrojo hasta 12 meses. Recientemente análisis filogenéticos han reportado dos especies diferentes, *Rh. secalis* y *R. orthosporum*. Ambos patógenos de pastos, *Rh. secalis* infectando una variedad de *Poaceae* anfitriones y *R. orthosporum* infectando *Dactylis glomerata*. Aislamientos de *Rhynchosporium* que infectan centeno y triticale y aislamientos del otro que infectan la cebada. Mientras que *Hordeum* spp. y *Bromus diandrus* hospedan a una especie distinta, *Rh. commune*. Solo diferenciables ambas especies de escaldaduras, usando herramientas moleculares [23], [33]. Por tanto, debe mantenerse el cultivo protegido durante la etapa de desarrollo susceptible, recomendándose entre otras medidas, la aplicación de fungicidas en etapa de embuche o posterior a ésta [7].

El uso rutinario de fungicidas para controlar las enfermedades de los cultivos ha sido un elemento importante en la intensificación de la agricultura moderna y ha ayudado a aumentar los rendimientos de los cultivos, mejorar la calidad y garantizar la estabilidad de la producción. Los agricultores y productores han tenido acceso a una gama de productos químicos efectivos que son activos a dosis bajas y proporcionan un alto nivel de control de enfermedades [20].

Este escenario ahora está cambiando, el costo y la dificultad de descubrir y registrar nuevos plaguicidas ha llevado a una disminución de la cartera de productos; un entorno regulatorio cada vez más adverso, resultado en la retirada de muchos activos actuales y la aparición de resistencia a algunas de las clases más importantes de fungicidas para algunos patógenos en algunos países [30]. Algunos fungicidas alternativos probados para el control fúngico en trigo, en mezclas o solos son: (tebuconazole), (tebuconazole + trifloxystrobin), (azoxystrobin + tebuconazole), (prothioconazole + trifloxystrobin), (pyraclostrobin + epoxiconazole), (picoxystrobin + ciproconazole), (propiconazole), (azoxystrobin + ciproconazole) y (pyraclostrobin+ epoxiconazole + fluxapyroxad), mismos que resultaron con menor severidad, mayor efectividad de control y mayor rendimiento de granos, estos actúan preventiva, curativa y erradicante [9]. Por lo que el objetivo principal del ensayo fue evaluar la efectividad de algunos fungicidas comerciales, para el control de la escaldadura (*Rh. secalis*) en trigo y comparar el impacto sobre el rendimiento y la calidad del grano.

2 METODOLOGÍA

El ensayo se realizó en el Estado de Tlaxcala, en parcelas ubicadas en las coordenadas geográficas: 19°34'08"N y 98°22'53"O. Se utilizó una parcela comercial de trigo (*Triticum aestivum* (L.) Thell), var. Tlaxcala F2000, recomendada por su tolerancia a enfermedades y mejor calidad industrial [25], con fecha de siembra junio de 2018. Las aplicaciones de los fungicidas coincidieron con el estado fenológico de 50% a 75% de espigas emergidas, momento recomendado para realizar la protección [6].

Se estableció un diseño experimental completamente al azar, con 5 tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento (tabla 1). Resultando un total de 20 unidades experimentales. Cada unidad experimental media 1 x 10 = 10 m², además existió 0,5 m de separación entre cada unidad experimental y el resto del cultivo, con la finalidad de eliminar efectos de borde y/o traslape de tratamientos.

Tabla 1. Tratamientos ejecutados durante el ensayo, donde se describe el producto, casa comercial, las claves que identifican cada parcela, sus repeticiones y las dosis usadas en cada caso

Tratamientos	Ingrediente activo	Dosis	Adyuvante
I	Picoxystrobin (17,94%) + Cyproconazole (7,17%)	400 mL ha ⁻¹	-
II	Picoxystrobin (17,94%) + Cyproconazole (7,17 %)	400 mL ha ⁻¹	(poliéter polimetilsiloxano copolímero) 50 mL 100 L ⁻¹ de agua
III	Tebuconazol (25%)	500 mL ha ⁻¹	(poliéter polimetilsiloxano copolímero) 50 mL 100 L ⁻¹ de agua
IV	Pyraclostrobin 23,60%	500 mL ha ⁻¹	(poliéter polimetilsiloxano copolímero) 50 mL 100 L ⁻¹ de agua
V	Testigo	-	-

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de los tratamientos se realizó con un equipo aspersor de mochila motorizado Marca Arimitsu Modelo SD 260D con dos boquillas de abanico plano en una lanza, con una capacidad de 25 litros, la cual previamente se calibro para un gasto de 200 L ha⁻¹.

El agua que se utilizó fue potable, con un pH cercano al neutro (7,2). Las variables evaluadas fueron: porcentaje de incidencia, porcentaje de severidad o infección y efectividad biológica. Esta variable permitió cuantificar la presencia y daños causados por la enfermedad, favoreció la toma de decisiones sobre el control. Se tomó una muestra de 10 a 30 macollos del lote. La unidad de medición fueron las cuatro hojas superiores, incluida la hoja bandera (HB), responsable de un 80% al 90% de la materia seca acumulada en los granos, lo que justifica la aplicación de fungicida preventivamente [6].

Se recolectaron muestras de hojas con síntomas de hongos foliares las que fueron llevadas al laboratorio de fitopatología de EESX (UAEM) para su montaje y corroboración.

Durante el ciclo de cultivo se hicieron 5 muestreos previos a la aplicación de los tratamientos y luego a los 5, 8 y 15 días después de la aplicación. Se muestrearon 50 plantas (macollas) al azar para determinar la incidencia del patógeno x parcela y el grado de infección.

2.1 INCIDENCIA

Para determinar la Incidencia de la enfermedad se aplicó la fórmula: [1]

$$I = \frac{A * 100}{a}$$

Donde,

A - Número de Hojas enfermas en el tratamiento

a - Número de Hojas totales muestreadas

I – Incidencia

2.2 SEVERIDAD

La evaluación de la severidad de la enfermedad, aplicada al follaje (hojas) (tabla 2), se fundamentó en visualizar los daños (manchas) de escaldadura, aplicando una escala diagramática de 5 grados [12], [13].

Los datos fueron procesados mediante la fórmula [29]:

$$P = \left(\frac{\sum n * v}{CM * N} \right) * 100$$

Donde,

P - media ponderada de severidad

n - número de hojas por cada clase en la escala

$$P = \left| \frac{\sum n * v}{CM * N} \right| * 100$$

v - valor numérico de cada clase

N - número total de hojas en la muestra

CM - categoría mayor

Tabla 2. Escala para evaluar el daño por escaldadura según [12], [13]

Grados	% de hojas con síntomas
0	Sin manchas
1	Hasta 1% de daño (indicios de la enfermedad)
2	Hasta 5% del área foliar dañada
3	Hasta 25% del área foliar dañada
4	Hasta 50% del área foliar dañada

Fuente: Elaboración propia

2.3 EFECTIVIDAD BIOLÓGICA

Los porcentajes de efectividad de los tratamientos fueron comparados con la severidad de cada tratamiento para lo cual fue aplicada la fórmula [32], según Norma Fitosanitaria Mexicana (NOM-032-FITO, 1995) [19] como sigue:

$$E = \left(\frac{IT - It}{IT} \right) * 100$$

Donde

% E= Porcentaje de efectividad

IT= Porcentaje de infección en el testigo

It= Porcentaje de infección en el tratamiento

2.4 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO

Una vez que el campo tuvo la madurez necesaria aproximadamente a los cuatro meses de las aplicaciones foliares, se procedió a evaluar el rendimiento en cada tratamiento.

Se trilló cada parcela por separado, hallando el peso de granos por cada replica. De igual forma se tomó una muestra al azar de 10 espigas por replica de cada tratamiento y halló el peso promedio por espiga y por tratamiento, así como se contabilizó el número de granos promedios por espiga y por tratamiento. Los datos fueron procesados estadísticamente mediante (test T), comparando las medias entre tratamientos según el programa SSPS ver. 19.

3 RESULTADOS

A continuación, mostramos los resultados según el registro y análisis de los datos obtenidos en el ensayo.

3.1 INCIDENCIA Y SEVERIDAD

La escaldadura fue detectada en todos los tratamientos desde el inicio del muestreo incluso antes de la aplicación preventiva lo cual indica que evidentemente las esporas estaban en el rastrojo y sobrevivieron provocando la infección primaria detectada en julio 2018 en el 100% de los tratamientos y en hojas (H3), o sea en hojas cercanas al suelo, posteriormente la infección fue en ascenso hasta llegar a producir manchas en la espiga.

Lo anterior coincide con Carmona y Sautua [15], los que informaron que las lesiones son típicamente elípticas, elongadas de centro grisáceo, blanco o pálido y bordes pardos ondulados. Aparecen principalmente en las vainas y en hojas inferiores en macollaje y pueden coalescer destruyendo gran parte del tejido foliar. Puede producir de un 10% a un 15% de daños y en años fríos (temperaturas 10 a 18 °C), puede crecer hasta en la hoja bandera. Si bien *Rh. secalis* es un patógeno de semilla, la principal fuente de inóculo es el rastrojo y su transporte ocurre por las salpicaduras de la lluvia y el viento. El patógeno necrotrófico sobrevive en rastrojos, semillas y malezas [17]. Lo que resulta importante para la supervivencia y diseminación de *Rh. secalis* a partir de focos primarios de escaldadura [24].

Algunos estudios informan sobre la velocidad con la cual los patógenos evolucionan para superar los genes y pesticidas de resistencia a los cultivos. También muestran que los patógenos en tales hospederos pueden diseminarse muy rápidamente a

través de regiones y de la actividad humana. Por tal razón, algunos [5], abogan por un rediseño de los agroecosistemas que abarque el concepto de diversidad dinámica para mejorar su resistencia a los patógenos.

Después de haber realizado la aplicación preventiva (figura 1), el porcentaje menor de intensidad de manchas correspondió al Tratamiento III (tebuconazol) con 25% de daños y el menor grado 1 de afectación en hojas. Seguido por el Tratamiento II (picoxystrobin + cyproconazole) con 37,5% de intensidad del daño con grado promedio de daño 1,5.

Sin embargo, cuando el Tratamiento I (picoxystrobin + cyproconazole), no se aplicó con el adyuvante, la intensidad aumentó al 50% y el grado promedio de daño fue superior (2). El Tratamiento IV (pyraclostrobin) llegó a tener 43,7% de intensidad y el menor grado promedio de daños 1,8. Mientras, que el testigo llegó a un 81% de severidad y grado 4, lo que indicó una alta presión de inóculo del patógeno.

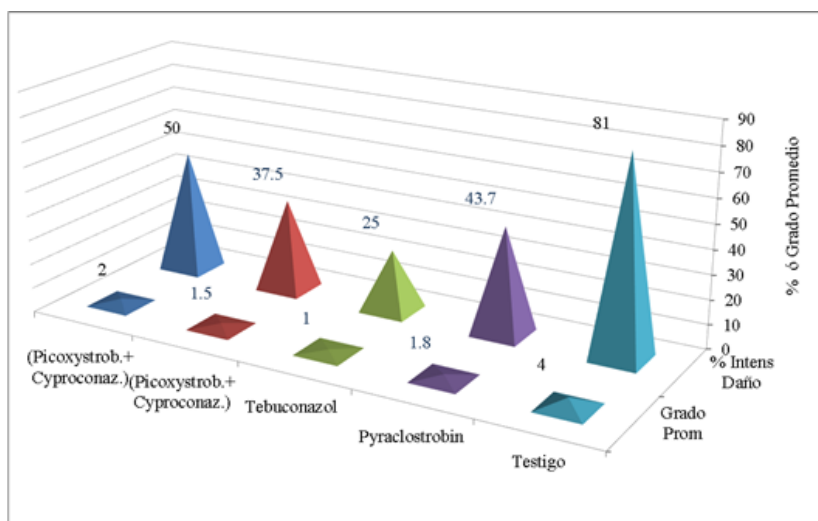


Fig. 1. Porcentaje de daños y grado promedio de afectación de escaldadura (*Rh. secalis*)

Fuente: Elaboración propia

Al respecto, algunos autores han planteado que, aunque la Severidad es una estimación visual en la cual se establecen grados de infección en una determinada planta, en base a la cantidad de tejido vegetal enfermo, es subjetiva y hace referencia al porcentaje del área necrosada o enferma de una hoja, fruto, espiga, etc [15]. Y refieren que, manchas foliares en invierno, con una incidencia del 70% al 80%, le correspondería una severidad del 10%. Según Divito y García [3], valores bajos de severidad son los más importantes y deben ser detectados mediante un correcto y frecuente monitoreo desde el estadio de encañazón (Z31) en adelante. Por lo que cuanto más pequeña sea la población del patógeno al momento de la aplicación, mayor será su control y la persistencia del fungicida utilizado [15]. Estos autores demostraron, que algunos fungicidas, tuvieron un control de las manchas en trigo al aplicar (carboxamida + estrobirulina + triazol) y (pyraclostrobin + epoxiconazol), determinaron entre 36 - 41 días, con severidad entre 45% y 67% respectivamente, mientras que el testigo llegó a 98% de intensidad del daño.

En el ensayo se comprobó, que el adyuvante usado (organosiliconas y alcoholes etoxilados no iónicos 60%), adicionado a los fungicidas (50 mL 100 L⁻¹) de agua, redujeron la tensión superficial y permitieron una mejor cobertura y absorción del tejido foliar, lo cual fue evidente en todos los fungicidas, excepto cuando se usó el tratamiento I sin coadyuvante.

Corroborando lo anterior, Díaz et al [6]. obtuvieron buenos resultados, cuando aplicaron (axozistrobina + propiconazole) y (tebuconazole), mezclado con un coadyuvante a base de (poliéter polimetilsiloxano copolímero) a una dosis de 0.25 L ha⁻¹. Según los resultados obtenidos por [28], los mayores volúmenes de aplicación determinaron la mayor densidad de impactos y solo cuando se usó coadyuvante, se relacionó a una mayor cantidad de depósitos sobre las hojas de trigo. Mientras que [22], planteó que se pueden identificar varios factores que influyen en el proceso de activación de la absorción, por ejemplo, mejorar la formación de la gota y la deposición del fungicida sobre la superficie de la hoja, en la cutícula y en los tejidos subyacentes al lugar de la aplicación.

En la figura 2 se muestran cambios de color apreciados en el follaje, después de las aplicaciones de fungicidas. Tanto el tratamiento III (tebuconazol) (a), como en el II (picoxystrobin + cyproconazole) (b), se observaron en plantas tratadas, un color verde más intenso, lo que presumiblemente se trató de una actividad metabólica superior de cloroplastos y aumento de la fotosíntesis, misma que facilitaría una duración mayor de la hoja, comparado con el Testigo (c). Algunos autores han enfatizado [21] en que la actividad fotosintética es la principal variable fisiológica que contribuye al correcto llenado de los granos, a su masa final y por tanto al rendimiento, si esta se afecta, podría propiciar mermas significativas en el rendimiento de grano y su calidad

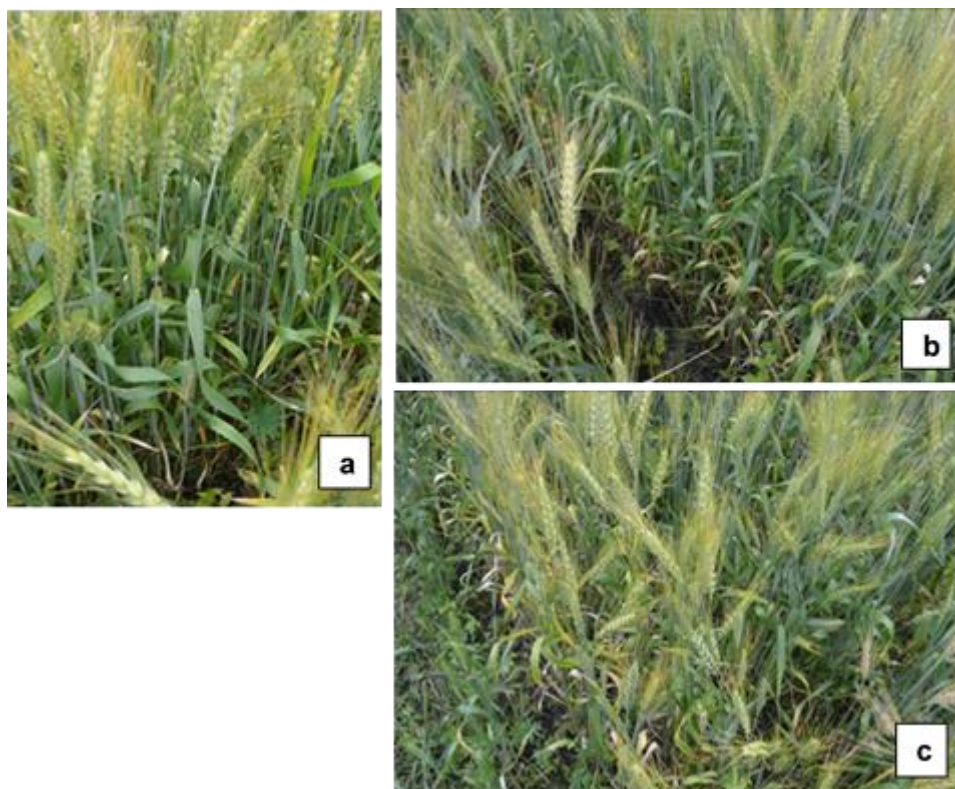


Fig. 2. Diferencias de coloraciones observadas después de los tratamientos, indican cambios en el metabolismo de fotosíntesis (a) Trat. III (Tebuconazol) y (b) Trat. II (Picoxystrobin + Cyproconazole) los que difieren (c) Trat. V Testigo

Fuente: Elaboración propia.

Sobre el efecto de algunos fungicidas aplicados en trigo como: (azoxistrobina, tebuconazol y carbendazim), Zhang et al [34]. confirmaron, la actividad de las enzimas antioxidantes superoxidasa, catalasa y peroxidasa en la hoja bandera de las plantas tratadas y notaron un retraso en la senescencia. Por consiguiente, las plantas de trigo aumentaron significativamente el contenido de clorofila y proteína soluble y finalmente una mejora en rendimiento de granos. Algunos investigadores revelaron [8], que las mayores ganancias con la aplicación de fungicidas en Trigo oscilaron entre 16,9% al 60,7%, lo cual maximizó la interacción genotipo x ambiente.

Por lo general, los fungicidas se usan para controlar y prevenir enfermedades, sin embargo, un grupo de fungicidas llamados estrobilurinas y carboxamidas, han generado una nueva posibilidad de uso para estos productos: los efectos fisiológicos. A través de cambios en el crecimiento de las plantas y su metabolismo, se aumenta el rendimiento del cultivo, lo cual se debe a un elevado aumento de la fotosíntesis neta (fotosíntesis verdadera menos respiración oscura y fotorespiración), así pues, una producción reducida de etileno, senescencia tardía y eficiencia fotosintética prolongada, conocida como "verde efecto", conducen a un aumento de la productividad y la calidad [2].

3.2 EFECTIVIDAD BIOLÓGICA

La Figura 3 muestra el cálculo realizado para evaluar la efectividad biológica en cada tratamiento según Abbott [32].

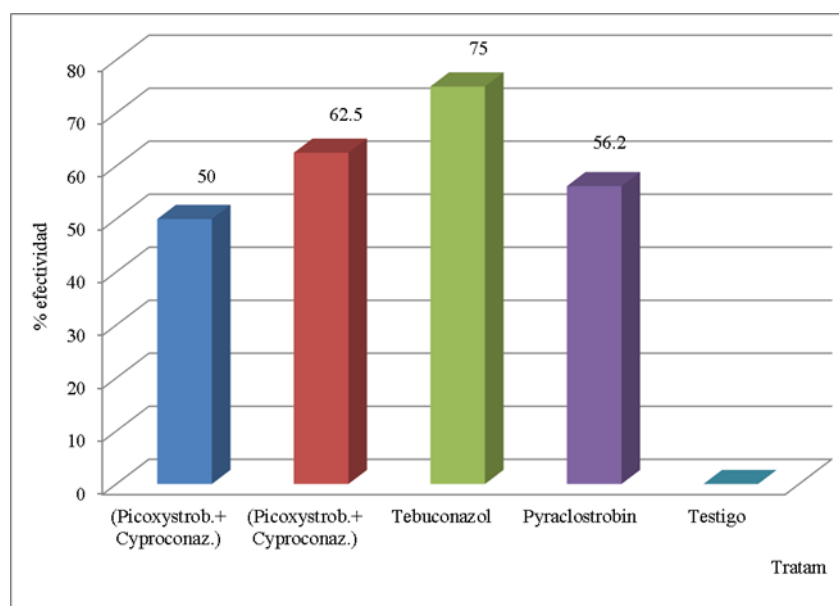


Fig. 3. Porcentaje de Efectividad Biológica de los tratamientos en el control de escaldadura (*R. secali*)

Fuente: Elaboración propia

Como se observa el tratamiento III (tebuconazol) llegó a obtener con un solo tratamiento preventivo un 75% de control de la escaldadura (*Rh. secalis*), al cabo de los 60 días de aplicado el producto. Seguido por el tratamiento II (picoxystrobin + cyproconazole) con 62,5% de efectividad. Sin embargo, el tratamiento I (picoxystrobin + cyproconazole), que no contenía adyuvante, mostró una baja efectividad (50%) sobre el control del hongo, similar al tratamiento IV (pyraclostrobin) con una efectividad del 56%. Lo anterior, podría ofrecer elementos para sugerir una segunda aplicación de picoxystrobin + cyproconazole, después de la preventiva, lo cual permitiría reducir al máximo los daños hasta 70-80 días después de la germinación. Sin embargo, estaría por evaluarse, si esa decisión sería útil económicamente y si tendría una respuesta oportuna en el control del hongo o estuviera cerca del Umbral de Daño Económico (UDE). Coincidiendo con [16], los que han puntualizado que los principales desaciertos en el uso de fungicidas en trigo, están relacionados con errores cometidos durante la toma de decisiones respecto a la selección del momento de aplicación, dosis inferiores o divididas, moléculas o principios. Estos enfatizan en que muchos fungicidas son aplicados, en función del estadio fenológico o para que las hojas implicadas en la generación de rendimiento reciban el químico, aún sin considerar el nivel de enfermedad presente, equivalente a un “barniz” protector que debe durar numerosos días. En tanto, han recomendado en Trigo, un UDE (Umbral de Daño Económico) y un UDA (Umbral de Daño de Acción) expresado en Incidencia foliar de escaldadura entre 22% al 32%, desde el fin del macollaje a inicios de la encañazón. También se recomendó para manchas foliares en trigo, monitorear los cultivos, aplicar un fungicida efectivo como (estrobirulina + triazol) o mezcla de (estrobirulina + triazol + carboxamida), cuando se alcance entre un 20% al 30% de incidencia, y repetir si se observaran reinfecciones [4].

3.3 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO

Como se muestra (figura 4), todos los tratamientos tuvieron una mejor respuesta en cuanto al número de semilla promedio por espigas entre (11% y 18%) respecto al testigo, después de haberse aplicado los fungicidas.

Lo anterior corrobora, lo obtenido por algunos investigadores [25], quienes recomiendan este genotipo (Tlaxcala F2000) bajo condiciones de temporal en el Estado de México, por su tolerancia a enfermedades foliares y roya, ubicándolo en un primer grupo que superó las 3,5 t ha⁻¹ y un genotipo estable en respuesta al ambiente y la localidad.

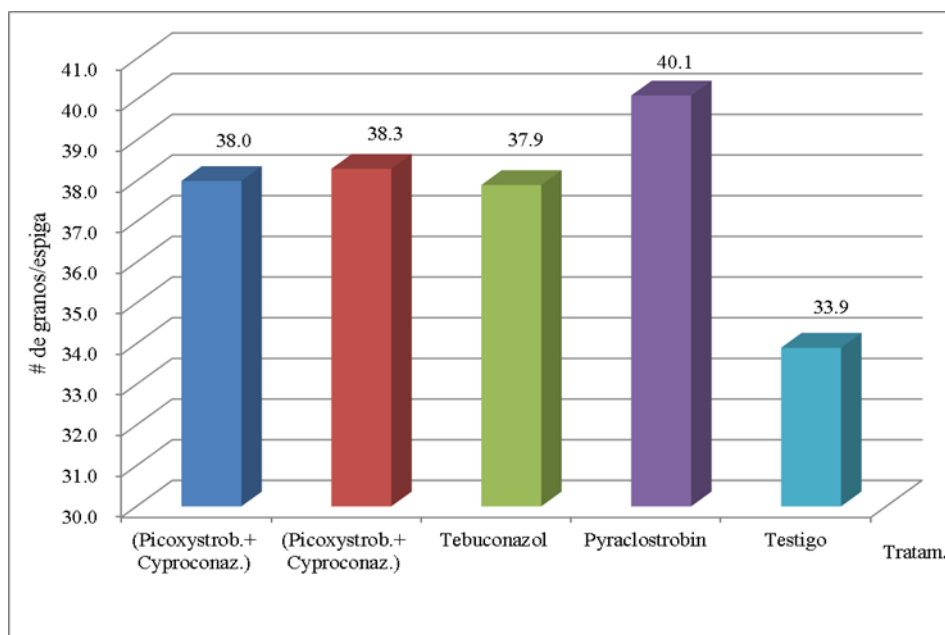


Fig. 4. Evaluación del número de semillas promedio por espigas en los diferentes tratamientos. Intervalos de confianza del 90% prueba t de Student. Tratamiento IV. Límite Superior (7,15), límite Inferior (3,10) (Sig. 0,009). Tratamiento II. Límite Superior (5,88), límite Inferior (0,77) (Sig. 0,05)

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los tratamientos y el número de semilla promedio por espigas registrado, no se correspondió exactamente con lo esperado, ni con el color, actividad fotosintética observada antes de la cosecha, ni con la efectividad biológica de los tratamientos. Ya que el tratamiento IV (pyraclostrobin) obtuvo un promedio de 40,1, seguido del tratamiento I y II (picoxystrobin + cyproconazole), con 38 y 38,3 respectivamente, quedando en último lugar el Tratamiento III. Lo anterior, concuerda con los resultados de [31], quienes plantearon que el Tebuconazol controló diferencialmente las enfermedades foliares, sin embargo, esto no se reflejó posteriormente en el rendimiento. Algunos [14], consideraron que la fotosíntesis en las espigas contribuye a un buen llenado de los granos, aunque hay divergencias respecto a los porcentajes de contribución, debido a la forma de evaluación de los componentes y la variedad. Fue observado un decremento altamente significativo de la fotosíntesis en las espigas, durante la fenofase de llenado en la var. Cirno C 2008, respecto al obtenido en la fase de espigamiento y la floración [18]. Según, Shirdelmoghanloo [10] está relacionado con la disminución de los valores de fotosíntesis después del espigamiento, lo que puede deberse a la función de movilización acelerada de fotoasimilatos desde las fuentes (hojas) hasta los sumideros (granos). En el caso del testigo sin fungicida, se observaron los mayores valores de área foliar dañada y en consecuencia hubo una reducción de granos (33,9), lo cual concuerda con Villaseñor et al. (2012).

En la figura 5 se analizó el peso promedio de granos por espiga en cada tratamiento. Como en el componente anterior, los datos no reflejan exactamente lo esperado. En este caso el tratamiento IV (pyraclostrobin) también obtuvo el mejor valor con 18,25g peso promedios por espiga, seguido por el tratamiento II (picoxystrobin + cyproconazole) y el III (tebuconazol), con 17,5 y 17,2g respectivamente. Estos a su vez, se diferenciaron del testigo y del tratamiento I que tuvieron 16 y 13,7 g respectivamente.

Villaseñor et al [31]., plantearon que la aplicación de fungicida favoreció el mayor rendimiento de granos, en promedio 29,4% cuando incidieron enfermedades foliares, considerando que estas aplicaciones son una práctica cultural rentable que evita pérdidas en el rendimiento de trigo de temporal. En este se registró una mejor respuesta en cuanto al peso promedio de semillas por espigas entre (11- 18%), siempre que se aplicaron fungicidas en mezcla con un coadyuvante, respecto al testigo.

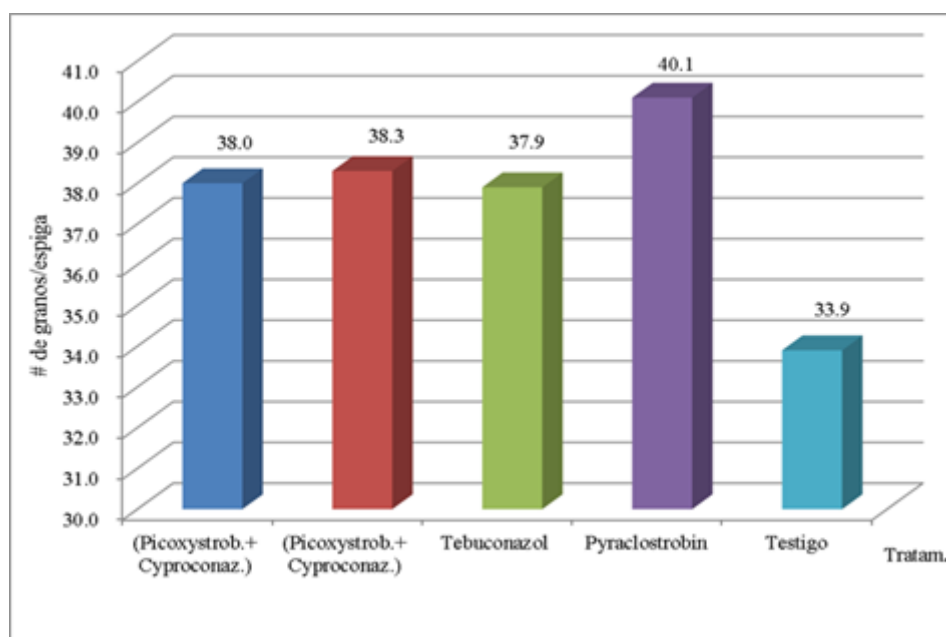


Fig. 5. Evaluación del número de semillas promedio por espigas en los diferentes tratamientos. Intervalos de confianza del 90% prueba t de Student. Tratamiento IV. Límite Superior (7.15), límite Inferior (3.10) (Sig. 0,009). Tratamiento II. Límite Superior (5,88), límite Inferior (0,77) (Sig. 0,05)

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados podrían usarse en un programa de manejo fitosanitario, sobre todo si se requiere alternar moléculas en el control de la Escaldadura (*Rh. secalis*), considerándose favorecer el rendimiento en esta variedad de trigo.

4 CONCLUSIÓN

La escaldadura *Rh. secalis* estuvo presente en el cultivo desde etapas tempranas. Se logró una efectividad biológica del 75% en el control de la enfermedad cuando se aplicó el tratamiento III (tebuconazol), seguido por el tratamiento II (picoxystrobin + cyproconazole) con 62,5%. En cuanto a los componentes del rendimiento, número promedio de semilla por espiga, el tratamiento IV (pyraclostrobin) obtuvo el mejor resultado (40,1), seguido por (picoxystrobin + cyproconazole) 38,3. Mientras que en el peso promedio de granos por espiga el tratamiento IV obtuvo (18,25 g), seguido por el tratamiento II y III con 17,5g y 17,25g respectivamente. Los resultados indican que es conveniente la aplicación de fungicidas para reducir mermas en la producción de trigo de temporal, siempre acompañado de adyuvante. Los autores no recibieron fondos específicos para este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen especialmente a los agricultores de Tlaxcala, que hicieron posible la ejecución del ensayo, así como al Dr. Dagoberto Guillen y el apoyo brindado por el laboratorio de fitopatología de EESX (UAEM) para la corroboración de las muestras.

REFERENCIAS

- [1] A. Ivancovich, G. Botta, D.A Ploper, I. Laguna, y J.G Annone. "IV Curso de diagnóstico y manejo de enfermedades de soja. Pergamino", Buenos Aires, Argentina. EEA. INTA Pergamino. 54 p, 1998. Recuperado de: <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/fitopatologia/wp-content/uploads/sites/30/2018/03/Enfermedades-de-soja.-Diagnostico-y-manejo.pdf>
- [2] A.C.E. Amaro, D. Baron, E.O. Ono, and J.D. Rodríguez, "Physiological effects of strobilurin and carboxamides on plants: an overview" *Acta Physiol Plant*, vol. 42, no. 4, p. 181. 2020.
- [3] A.G. Divito, y F.O. García, "Manual del cultivo de trigo" / Bernardette Abadia. [et al.]; compilado. 1a Ed. Compendiada. International Plant Nutrition Institute, 224 p, 2017. Recuperado de: [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/9f61f86f928f631e0325830e006c3082/\\$FILE/Manual%20de%20Trigo%20Cap%208.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/9f61f86f928f631e0325830e006c3082/$FILE/Manual%20de%20Trigo%20Cap%208.pdf).
- [4] Adama. "Folleto Almagor, el fungicida elite de Adama para trigo y cebada". 2016. Recuperado de: https://www.adama.com/documents/345258/345805/Folleto+Almagor+ADAMA2016_tcm41-67268.pdf.
- [5] B.A. McDonald, and E.H. Stukenbrock, "Rapid emergence of pathogens in agro-ecosystems: global threats to agricultural sustainability and food security". *Philos Trans Phys*, vol. 371, no. 1709, pp. 1-9, 2016.
- [6] C.H.L. Díaz, M.G.S. Leiv, M.H.E. Villaseñor, H.V.M. Vargas, R.H.R. Santa, R. R. Valdez, y C.E. Martínez, "Control químico de la roya lineal en diferentes etapas de desarrollo del trigo en Terrenate, Tlaxcala". *Rev Mex De Cienc Agric*, vol. 9, no. 5, pp. 1067-1074, 2108.
- [7] C.J.C. Delgado, A.J. Hernández, V. C. Velázquez, y S. V. Ballesteros, "Evaluación y validación de la efectividad biológica de cuatro fungicidas contra la roya amarilla del trigo (*Puccinia striiformis* f.sp. *Tritici*) en Laguna Larga, Pénjamo, Guanajuato, México". Programa de Sanidad Vegetal, SAGARPA-Guanajuato. pp. 10, 2005. Recuperado de: <https://studylib.es/doc/143273/protocolo--evaluación-de-efectividad-biológica-de>.
- [8] G. Benin, L. Storck, V. S. Marchioro, E. Bornhofen, L.G. Woyann, y D.M. Trevizan, "Environment-specific selection to identify high yielding wheat genotypes and response to fungicide application". *Rev Ceres*, vol. 64, no. 2, pp. 167-175, 2017.
- [9] G.A Enciso-Maldonado, M.E. Bogado-Rotela, y E.J. López-Ranoni, "Control químico de la roya de la hoja del trigo *Puccinia triticina* en Paraguay", *Rev Mex Fitopatol. (Resúmenes/Poster)*, 5.1. Hongos. Vol. 35, no. (S88), p 9, 2017. Recuperado de: http://rmf.smf.org.mx/suplemento/docs/Volumen352017/VOLUMEN_35_SUPLEMENTO_2017.pdf.
- [10] H. Shirdelmoghanloo, J.D. Taylor, I. Lohraseb, H. Rabie, C. Brien, A. Timmins, and N.C. Collins, "A QTL on the short arm of wheat (*Triticum aestivum* L.) chromosome 3B affects the stability of grain weight in plants exposed to a brief heat shock early in grain filling". *BMC Plant Biol.*, vol. 16, n o. 100, pp. 1-15, 2016.
- [11] H.J. Dubin, y S. Rajaram, "Breeding disease-resistant wheats for tropical highlands and lowlands". *Annu Rev Phytopathol*, vol. 34, pp. 503-526, 1996.
- [12] W.C. James, "An illustrated series of assessment keys for plant diseases: their preparation and usage". *Can. Plant Dis. Surv*, vol. 51, no. 2, pp. 39-65, 1971.
- [13] W.C. James, "Assessment of plant diseases and losses". *Assessment of Plant Diseases and Losses*, vol. 12, no. 1, pp. 27-48, 1977.
- [14] L. Borrás, G.A. Slafer, y M.E. Otegui, "Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal". *Field Crops Research*, vol. 86, no. (2-3), pp. 131-146, 2004.
- [15] M. Carmona, F. Sautua, y E.M. Reis, "Control de enfermedades fúngicas del trigo mediante fungicidas". En: C. Cordo, M. Sisterna, (Eds.) *Enfermedades del trigo: avances científicos en la Argentina*. pp. 349-370, 2014. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP), La Plata, Bs. As. Recuperado de: [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/9f61f86f928f631e0325830e006c3082/\\$FILE/Manual%20de%20Trigo%20Cap%208.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/9f61f86f928f631e0325830e006c3082/$FILE/Manual%20de%20Trigo%20Cap%208.pdf).
- [16] M. Carmona, y F. Sautua, "Manual práctico para el diagnóstico de enfermedades foliares y su control con fungicidas en los cultivos de trigo y cebada", pp 85, 2015. Recuperado de: FAUBA-BASF. <http://cebada.cebacera.com.ar/wp-content/uploads/2018/09/enfermedades-Trigo-Cebada-FAUBA-BASF.pdf>.
- [17] M. O. Ríos, O. Fernández, and M. Carmona, "Detection of *Rhynchosporium secalis* in barley seeds from Argentina through polymerase chain reaction technique". *Fitopatol Bras*, vol. 32 no. 5, 415-418, 2007.
- [18] M.L. Argentel, P.J. Garatuza, O.M.M. Armendáriz, G.E.A. Garibald, Ch.J.M, J. Chávez, E.J.E. Ortiz y A.J. González. "Caracteres fisiológicos y agronómicos de la variedad de trigo cristalino Cirno c-2008 confirman su estabilidad genética". *Agrociencia*, vol. 58, no. 3, pp. 419-435, 2018.
- [19] Norma Oficial Mexicana (NOM-032-FITO). "Requisitos y especificaciones fitosanitarios para la realización de estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas y su dictamen técnico". pp 24, 1995. Recuperado de: http://proccyt.org.mx/pdf/NOM-032-FITO-1995_1AGO97.pdf.

- [20] P. E. Russell, "A century of fungicide evolution". *J Agric Sci*, vol. 143, no. 1, pp. 11–25, 2005.
- [21] D. J. Prins, P. J. Orr, M. P. Andralojc, E. Reynolds, Carmo-Silva and M. A. Parry, "Rubisco catalytic properties of wild and domesticated relatives provide scope for improving wheat photosynthesis" *J Exp Bot*, vol. 67, no. 6, pp. 1827-1838, 2016.
- [22] R. Mirabent, "Adyuvantes para Fungicidas". *Phytoma*, vol. 240, pp. 64-66, 2012.
- [23] S. Kirsten, S. Siersleben, and W. Knogge, A GFP-based assay to quantify the impact of effectors on the ex planta development of the slowly growing barley pathogen *Rhynchosporium commune*. *Mycologic*, vol. 103, no. 5, pp. 1019-1027, 2011.
- [24] S. Salamati, J. Zhan, J. J. Burdon, and B.A. McDonald, "The genetic structure of field populations of *Rhynchosporium secalis* from three continents suggests moderate gene flow and regular recombination" *Phytopathology*, vol. 90, no. 8, pp. 901-908, 2000.
- [25] S.R.R. Hortelano, H.E Villaseñor, C. E. Martínez, G.M. Rodríguez, R.E. Espitia, y L.A. Mariscal, "Estabilidad de variedades de trigo recomendadas para siembras de temporal en los Valles Altos de la Mesa Central". *Rev Mex Fitopatol*, vol. 4, no. 5, pp. 713-725, 2013.
- [26] SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2018). Atlas Agroalimentario. 1ra Edición. SAGARPA. 236 p. Recuperado de. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018.
- [27] R. P. Singh, J. Huerta-Espino, and H. M. William, "Genetics and breeding for durable resistance to leaf and stripe rusts in wheat". *Turk J Agric For*, 29, no. 2, pp. 121-127, 2005.
- [28] J. Stoletniy, Olivet, and J. Villalba, "Tamaño de gota, volumen de aplicación y uso de adyuvante en la deposición y control de mancha amarilla (*Pyrenophora tritici-repentis*) en trigo". *Agrociencia Uruguay*, vol. 18, no. 1, pp. 97-104, 2014.
- [29] G. R. Townsend, and J.W. Heuberger, Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Dis Rep*, vol. 27, no. 17, 340–343, 1943.
- [30] V. M. D'Costa, C. E. King, L. Kalan, M. Morar, W.W.L. Sung, C. Schwarz, D. Froese, G. Zazula, F. Calmels R. Debruyne, G.B. Golding, N. Hendrik, H.N. Poinar, y G.D. Wright, "Antibiotic resistance is ancient". *Nature*, vol. 477, no. 7365, pp. 457–461, 2011.
- [31] M.H.E. Villaseñor, S.R.R. Hortelano, C.E. Martínez, A.L.A. Mariscal, M.S.G. Leyva, and E.J. Huerta, "Control químico de las enfermedades: una alternativa para la producción de trigo de temporal en Tlaxcala" *Rev Mex De Cienc Agric*, vol. 3, no. 3, pp. 595-600, 2012.
- [32] W.S. Abbott, "A method of computing the effectiveness of an insecticide" *J Econ Entomol*, vol. 18, no. 29, pp. 256-267, 2025.
- [33] P.L. Zaffarano, B. A. McDonald, and C.C. Linde, "Two new species of *Rhynchosporium*. *Mycologia*", vol. 103, no. 1, pp. 195–202, 2011.
- [34] Y.J. Zhang, X. Zhang, C.J. Chen, M.G. Zhou, and H.C. Wang, "Effects of fungicides JS399-19, azoxystrobin, tebuconazole, and carbendazim on the physiological and biochemical indices and grain yield of winter wheat", *Pestic BiochemPhysiol*, vol. 98, no. 2, pp 151-157, 2010.
- [35] P. K. Zwer, and C. O. Qualset, "Genes for resistance to stripe rust in four spring wheat varieties. *Euphytica*, vol. 74, pp. 109-115, 1994.