

Efecto Global del Fungicida: Azoxystrobina + Ciproconazol en el Control de Enfermedades Foliars del Maíz en Argentina

Díaz, C.G.¹; De Rossi, R.L.²; Couretot, L.³; Sillón, M.⁴ y Ploper, L.D.^{1,5}

Cát. de Fitopatología, Fac. de Agronomía, UNT, Tucumán¹; Cát. de Fitopatología, Universidad Católica de Córdoba², Sección Fitopatología INTA Pergamino³; Cát. de Fitopatología, Fac. de Ciencias Agrarias, UNL- Santa Fe -Santa Fe⁴; Sección Fitopatología EEAOC-Tucumán⁵. E-mail: cegdiaz@gmail.com

RESUMEN Se plantearon dos hipótesis: a) mediante meta análisis se puede demostrar que hay beneficios en el uso de fungicidas y b) las epidemias causadas por patógenos de climas templados y tropicales tienen un comportamiento diferente ante la exposición del fungicida. Así, los objetivos del presente trabajo fueron evaluar la eficacia del fungicida azoxystrobina + ciproconazol en reducir la severidad del complejo de royas (*Pucciniasorghii*, *P. polysora*), Tizón del maíz (*Exserohilumturcicum*) y Mancha gris (*Cercospora zeae-maydis*) cuando aplicados en estadio V10 o Vt, establecer el porcentaje de control global para cada patógeno y analizar si existe eficacia de control diferenciada según tipo de patógeno, mediante el enfoque del meta-análisis. Los resultados mostraron que: las medias globales de razón de severidad (Rs) indicaron una reducción global de la roya en un 52,6%, del tizón en un 28,6 % y de la mancha gris en un 30%. Se destacó un efecto significativo en la eficacia de control según tipo de patógeno. Se concluye que el análisis conjunta del uso y eficacia del fungicida: azoxystrobina + ciproconazol en el cultivo de maíz evidenció beneficios en la reducción de las enfermedades foliares. Y se identificaron aspectos a ser mejorados para aumentar la eficacia de control de los tizones y cercosporas.

Palabras claves: *Zea mays*, *Puccinia*, *Exserohilum*, *Cercospora*, manejo integrado

Introducción

Recientemente, en Argentina, aumentó la utilización de fungicidas químicos en aplicaciones foliares como práctica de manejo complementaria, para obtener un control más eficiente de las enfermedades foliares del maíz asegurando de esta forma la estabilidad de la producción y la calidad de los granos.

Factores como: (i) cultivos producidos en regiones consideradas restrictivas (materiales templados - poco tolerantes a enfermedades - utilizados en regiones sub-tropicales), (ii) aumento de la superficie sembrada por maíces especiales (pisingallo), (iii) conquista de regiones consideradas marginales, por sus condiciones climáticas, con el objetivo de ampliar las fronteras agrícolas, (iv) prácticas de producción que favorecen a patógenos necrotróficos (como la siembra directa y su importancia sobre *C. zeae-maydis*), (v) cambios en los patrones climáticos, que alteran el comportamiento de las epidemias, como la epidemia explosiva del tizón por *E.turcicum* durante campaña 2009/10 (DE ROSSI, 2010; COURETOT, 2010), (vi) el

patosistema múltiple siendo una regla, en la región tropical y sub-tropicales, (vii) la reciente aparición con comportamiento explosivo de la mancha blanca por *Phaeosphaerium maydis* (DÍAZ, comunicación personal), todos estos puntos conforman el escenario que motivó al incremento del uso de fungicidas en aplicaciones foliares en el país. Esto despertó el interés de fitopatólogos, asesores, productores a ensayar fungicidas en sus campos, generando una rica base de datos provenientes de todas las regiones productoras de maíz del país. Resultaría de gran utilidad reunir esa información a fin de analizar y obtener una visión general del impacto del fungicida sobre diferentes enfermedades, bajo niveles distintos de infestación natural y a su vez en las diversas regiones agroecológicas en que se produce el cultivo de maíz.

El meta-análisis es una técnica estadística utilizada en revisiones sistemáticas donde se hace un nuevo análisis en base a datos publicados o experimentos generados en trabajos anteriores, posibilitando el cálculo de una medida global del efecto de los tratamientos. En el área de la fitopatología el meta-análisis es reciente y fue usada para resumir resultados de eficiencia de fungicidas obtenidos en experimentos conducidos en diferentes locales y años (PAUL, 2008; NGUGI et al., 2009, DE BRITTO e SILVA FILHO, 2009).

En el presente trabajo se plantea evaluar la eficacia del fungicida azoxystrobin + cyproconazol en reducir la severidad de la roya común (*Puccinia sorghii* *P. polysora*), Tizón del maíz (*Exserohium turcicum*) y Mancha gris (*Cercospora zeae-maydis*) cuando aplicados en estadíos V10 o Vt según región, para establecer el porcentaje de control global para cada patógeno y analizar si existe eficacia de control diferenciada según tipo de patógeno, mediante el enfoque del meta análisis.

Material y Métodos

Se utilizó estadística descriptiva (gráficos de cajas) para comparar la eficacia de los fungicidas en la disminución de la enfermedad, los datos de severidad fueron expresados como razón de severidad (R_s), calculada: $R_s = \frac{Sev_{tratado}}{Sev_{testigo}}$, cuanto menor sea el valor de R_s , más efectivo fue el tratamiento, por ejemplo $R_s = 0,20$ significa un control de la enfermedad del 80% debido al fungicida. La R_s debe ser ponderada, dando mayor peso a los tratamientos con menor variabilidad.

La nueva variable respuesta, para cuantificar el efecto global del fungicida, fue la diferencia media estandarizada (d) entre el grupo tratado y el no tratado (o testigo).

Búsqueda de la información

Datos cuantitativos como la severidad de las enfermedades foliares de las parcelas testigo y en las tratadas con azoxystrobina + cyproconazol, fueron solicitadas a fitopatólogos, y técnicos de diferentes localidades de las principales regiones productoras de maíz.

Criterios de selección de los ensayos

Los siguientes criterios fueron usados para la selección: los datos debían proceder de ensayos con diseño experimental bien definido bajo sistema de producción semejante (fecha de siembra, densidad de siembra).

En cuanto a la aplicación del fungicida, debían seguir el mismo protocolo referente al, dosis y forma de aplicación. El momento de aplicación fue diferente entre las regiones Centro, Núcleo y en el Noroeste Argentino, se aplicó en estadio V10 y en Vt respectivamente ya que la aparición de las enfermedades ocurre más tarde en esta última.

Con estos datos se generaron nuevas bases de datos que contaban con severidad de la parcela tratada, testigo, localidad, provincia, año de siembra, híbrido.

Se usó estadística descriptiva para resumir dicha información. Los ensayos (o estudios) que fueron incluidos en el meta-análisis fueron aquellos que presentaban severidad $\geq 5\%$ en la parcela testigo.

La variable rendimiento, no se consideró en el presente trabajo ya que los ensayos presentaban una enorme variabilidad lo que imposibilitó generar una base de datos consistente para este análisis.

Cálculo de la nueva variable respuesta: diferencia media estandarizada (d)

$$d = \frac{\overline{Sev}(\text{tratado}) - \overline{Sev}(\text{Testigo})}{\sqrt{V}}$$

Donde $\overline{Sev}(\text{tratado})$, $\overline{Sev}(\text{Testigo})$ es la media del tratado, y testigo respectivamente. Y \sqrt{V} es la desviación estándar ponderada del intra grupo,

Análisis de la heterogeneidad: la prueba de heterogeneidad de Dersimonian y Laird's

permite evaluar el grado de heterogeneidad a fin de valorar hasta qué punto los resultados que provienen de diferentes estudios pueden ser resumidos en una única medida. La significancia de esta prueba nos indica que debe usarse un modelo de efecto aleatorio para estimar nuestra nueva variable respuesta (d): la diferencia estandarizada de medias (d). Para el meta-análisis se utilizó el software: Epidat 3.1

Resultados y discusión

Selección de los trabajos y características de los ensayos

En este estudio quedaron seleccionados un total de 59 ensayos para el complejo de royas, 59 para la mancha gris y 36 para tizón correspondientes a los últimos 4 años. Dichas enfermedades son las de mayor prevalencia en el país. Estos ensayos provenían de 6 provincias pertenecientes a las principales regiones productoras de maíz (Región centro, Núcleo y NOA).

Efecto global del fungicida en el control de las enfermedades foliares:

Basada en la primera hipótesis: existen beneficios en el uso de fungicidas al reducir los niveles de severidad de las enfermedades foliares, cuando aplicados en estadio V10 o Vt del maíz.

Complejo de royas: La estimación ponderada de la diferencia estandarizada de medias (d), bajo el modelo de efectos aleatorios fue: $d = -9,429$ e IC(95%): $[-11,869 ; -6,990]$ indicando un efecto significativo del fungicida azoxystrobina + ciproconazol sobre la severidad de las royas cuando aplicado en V10 (*Pucciniasorghii*) y en Vt (*P. polysora*).

El porcentaje medio de control de las royas, fue de 52,6 % (intervalo de clase: 44,9%; 60,2%) como se aprecia en el gráfico de frecuencias absolutas (Gráfico 1a), en donde se destaca, además, que dicha variable sigue una distribución normal (p valor=0,4468).

Al visualizar la eficiencia media de control según provincias, se destaca Córdoba al reducir la severidad de la roya común del maíz (*P.sorghii*) en un 77 % indicando una alta eficiencia del fungicida, (Gráfico 2b). Tizón del maíz: La estimación ponderada de la diferencia estandarizada de medias (d), bajo el modelo de efectos aleatorios fue $d = -8,713$ e IC(95%): $[-11,2196 ; -6,207]$ indicando un efecto significativo del fungicida azoxystrobina + ciproconazol sobre los niveles de severidad del tizón del maíz cuando aplicado en V10 o Vt. El porcentaje medio de control del tizón, considerando todos los tratamientos, fue del 28,6 % (Intervalo de clase: 20,69 36,55) (Gráfico 1c).

Al analizar la eficacia media de control del tizón según provincias, se aprecian valores intermedios que variaron de 0.45 a 0.65. Indicando una eficiencia moderada a baja para el control del tizón del maíz por el fungicida (Gráfico 2d).

Mancha gris por Cercospora: La estimación ponderada de la diferencia estandarizada de medias fue: $d = -5,1381$ e IC(95%): $[-11,010 ; 0,734]$ indicando un efecto significativo del fungicida sobre los niveles de severidad de la mancha gris cuando aplicado en Vt.

El porcentaje medio de control de *C. zeae-maydis*, considerando todos los tratamientos, fue de 39% (Intervalo de clase: 31,64 45,93) como se aprecia en el Gráfico 1e de frecuencias absolutas. Indicando una eficacia moderada del fungicida.

Al discriminar por provincia, la eficacia media de control fue mayor en Salta ($R=0.52$, correspondiente a un control de 48%) a pesar de su gran variabilidad, en relación a las demás provincias como se aprecia en el gráfico de cajas. (Gráfico 2f).

Estos porcentajes de control tanto para royas como tizones y mancha gris, en Brasil, se encuentran entre 50-60 %. (Fantin & Duarte, 2009)

Efecto moderado por tipo de patógeno

La hipótesis central del siguiente análisis es que: existe variabilidad en cuanto a la eficacia de control del fungicida azoxystrobin + ciproconazol según tipo de patógeno.

Se comparó la Rs de los patógenos templados (*P. sorghi* y *P. polysora*) con los tropicales (*C. zeae-maydis* y *E. turcicum*), mediante la estimación ponderada de la diferencia estandarizada de medias. Los valores de $d = -0,276$ e IC(95%): $[-1,427 ; 0,876]$ indicaron un efecto significativo en la eficacia de control según tipo de patógeno.

Dicho comportamiento podría quedar sustentado en función de la gran diferencia que tienen estos patógenos desde el punto de vista epidemiológico según la bibliografía, *Puccinia sorghi* y *P. polysora* son patógenos templados que se caracterizan por generar epidemias explosivas, con un pico de producción de esporos en el inicio del período infeccioso, y corto período latente. Dichas epidemias pueden mantenerse únicamente a través de continuas re-infecciones basadas en la cadena de infección, si estas infecciones son interrumpidas, la enfermedad desaparece (Bergamin Filho & Amorim, 1996). Llevando estos conceptos teóricos al sistema: Roya-fungicida, una pústula bajo la acción de algún factor (por ejemplo sustancia química) dejaría de producir nuevos sitios de infección reflejándose en un mejor control. Como se constató en

este trabajo que el porcentaje medio de control del fungicida para el control de royas fue del 52,6 %. Superior al valor logrado para el tizón: 28,6 y para mancha gris fue de 39 %. La teoría nos enseña que *Exserohilum turcicum*, y *Cercosporazeae-maydis* son patógenos tropicales que se caracterizan por una baja producción de esporos, períodos de latencia prolongados (PL=21 días para *cercosporazeaemaydis*). El atraso en la producción de nuevas lesiones dado por su prolongada latencia es compensado por la expansión de las lesiones ya existentes. (Berger, et al 1997). Basado en estos conceptos teóricos podría estar habiendo un corrimiento entre los periodos de protección del fungicida y el de latencia que tendría como consecuencia una acción menos eficiente del fungicida.

Conclusiones

El análisis conjunta del uso y eficacia del fungicida: azoxystrobina + ciproconazol en el cultivo de maíz evidenció beneficios en la reducción de las enfermedades foliares. Se pudo identificar aspectos a ser mejorados como aumentar la eficacia de control para los tizones y cercosporas.

Contar con herramientas confiables y valiosas como el uso de fungicidas, dentro del abordaje del manejo integrado de enfermedades, se torna indispensable para aquellos países que aspiran llegar a una sociedad moderna, con abundancia de alimentos.

Bibliografía consultada

BERGER, R.D; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Lesion expansion as an epidemic component. *Phytopathology*, v. 87, n.10, p. 1005-1013, 1997.

BERGAMIN FILHO, A; AMORIM, L. Doenças de plantas tropicais: Epidemiologia e controle econômico. São Paulo: Editora Ceres, 1996. 299 p.

SILVA FILHO, C.F.A.B.. Revisão sistemática e meta análise da eficiência de fungicidas na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. 76 p.. 2009 (Monografía on line)

COURETOT, L; FERRARIS, G. F.; MOUSEGNE, SABANDO, M.L.; MAGNONE, G.; ROSANIGO, H. Comportamiento sanitario de híbridos de maíz en la zona norte de la provincia de Buenos Aires. Resúmenes. In: CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ, 9, 2010, Rosario, Argentina.

DE ROSSI, R.L.; PLAZAS, M. C.; BRUCHER, E., DUCASSE, D.; y GUERRA, G. El Tizón del Maíz (*Exserohilum turcicum*): presencia e impacto en el centro-norte de Córdoba durante tres campañas agrícolas. Resúmenes In: IX CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ,

9,2010,Rosario, Argentina.

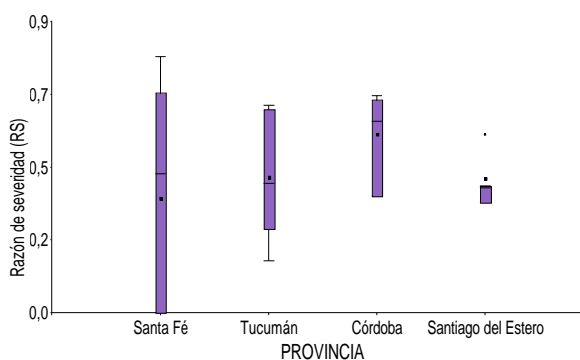
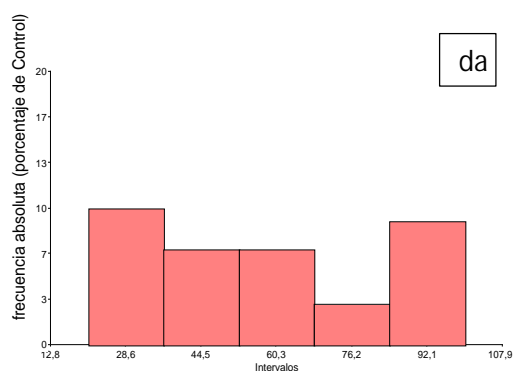
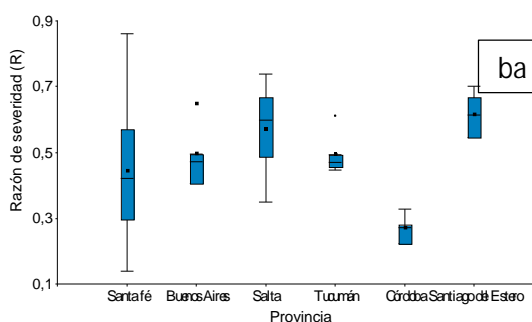
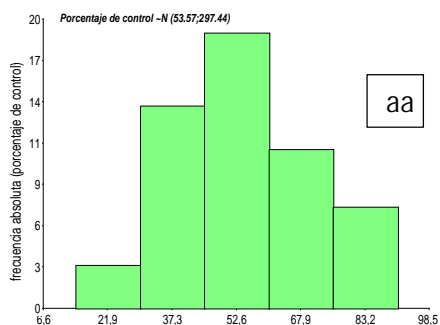
DÍAZ, C; FIGUEROA, O. Evaluación de la eficacia del fungicida azoxystrobina + cyproconazol en el control de enfermedades foliares en maíz pisingallo. Revista Técnica especial en SD: Maíz y Sorgo. AAPRESID. p.167- 172,2008.

EPIDAT 3.1.Manual de ayuda del software. Meta-análisis, publicación on line.

FANTIN, G.M ; DUARTE A.P. Manejo de doenças na cultura do milho safrinha. Campinas: Instituto Agronômico. 2009. 98p.

NGUGI, H.K; ESKER, P.; SCHERM, H. Meta-analysis to determine the effects of plant disease managemnet measures: Review and case studies on soybean and Apple. Phytopathology, v. 101, p.31-40, 2001.

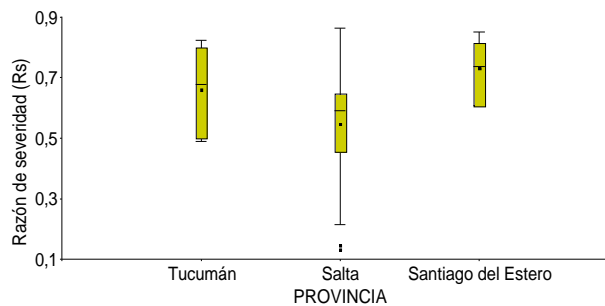
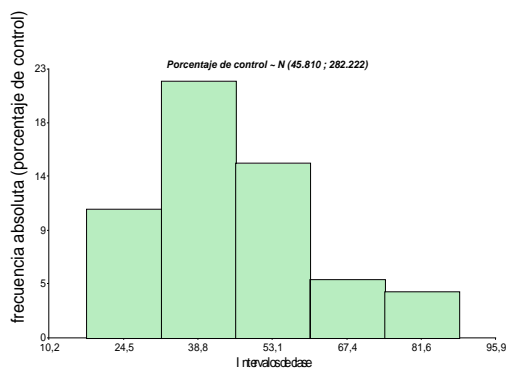
PAUL, P.A.; LIPPS,P.E.; HERSHMAN,D.E.; MCMULLEN, M.P. DRAPER,M.A.; MADDEN, L.V. Efficacy of Triazole-Based Fungicides for Fusarium Head Blight and Deoxynivalenol Control in Wheat: A Multivariate Meta-Analysis, Phytopathology,v.. 98,p.999-1011, 2008..



C

ca

f



e

Gráfico 1. Distribución de frecuencia absoluta del porcentaje de control de roya (a), tizón (c), mancha gris (e).

Gráfico 2. Distribución de los niveles de reducción de severidad de roya (b), tizón (d), la mancha gris (f) según provincias.