



**MAÍZIFICANDO
CONCIENCIA**
XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

Protección del cultivo

8, 9 y 10 de Noviembre
Pergamino, BA
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Ministerio de Economía
Argentina

20
22





INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE EN ROYA COMÚN DEL MAÍZ: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS EN LAS ÚLTIMAS CAMPAÑAS EN EL SUDESTE BONAERENSE

Martínez, R.D. ^{1*}; Duarte, V. ¹; Pérez Ramírez, M. ¹; Sanchez, M.C. ¹; Bondarec Romera, J.C. ¹; Clemente, G. ¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Ruta 226 km 73.5, Balcarce, Argentina

*Contacto:rmartinez@mdp.edu.ar

GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTION IN COMMON CORN RUST: ANALYSIS OF HYBRID PERFORMANCE IN THE LAST SEASONS IN THE SOUTHEAST OF BUENOS AIRES

Abstract

Corn rust caused by *Puccinia sorghi* is a disease observed every year with different incidence and severity in commercial hybrids present in the southeast of Buenos Aires. In recent campaigns there are some hybrids that stood out in yield and that showed susceptibility to corn rust. Based on the data published annually by the Southeast Territorial Maize Trials Network, considering a total of 16 environments from different experiments in 2 seasons and 6 locations, hybrids with more participation the network were selected. In all environments, corn rust evaluations were carried out using the Cobb scale. Determinations were made at the R4 stage, to obtain the maximum leaf tissue symptoms and signs prior to crop senescence.

Hybrids that are associated with general variability were: ACA470VT3P, ACA473VT3P and ACA481VT3P, that tended to had consistently more severity in most of the environments. Oppositely, Nidera AX7761VT3P, Nidera AX7784VT3P and Nidera NS7818 were below the average severity in each of the environments evaluated. Forratec 3190MGRR2 and ACA476VT3P hybrids, had a weak relationship the general dynamics. In none of the environments analyzed was observed a significant association between rust severity and crop yield. In addition, the environments with the highest disease manifestation showed the highest yields

Palabras claves

Severidad, índice ambiental, estabilidad

Keywords

severity, environmental index, stability



Introducción

La roya común del maíz causada por *Puccinia sorghi*, es una enfermedad que se observa todos los años con diferente incidencia y severidad en los híbridos comerciales presentes en el sudeste bonaerense. Esta enfermedad se observa en la superficie de las hojas comenzando como puntos cloróticos, donde luego se desarrollan pústulas circulares a alargadas, tanto en el haz como en el envés de las hojas. Cuando la epidermis, por la presión que el patógeno en su crecimiento, la epidermis se rasga, las pústulas liberan gran cantidad de uredosporas (esporas asexuales) de color pardo-canela claro. Las uredosporas diseminadas por el viento son las que tienen la capacidad generar una nueva infección cuando se depositan en la superficie de las hojas (Agrios, 2005). Con temperaturas de 20 a 25 °C la formación de nuevas pústulas puede producirse de 5 a 7 días. Esto provoca numerosos ciclos de vida del patógeno dentro del período de crecimiento del maíz, especialmente en etapas del período crítico (floración). Las condiciones predisponentes para la germinación de las uredosporas y el desarrollo de la enfermedad son humedad relativa del 100 % y temperaturas entre los 13 a 27 °C, siendo de 17 °C la temperatura óptima. Posteriormente a medida que la planta madura las pústulas se tornan más oscuras a negras debido a la presencia de teliosporas. Este patógeno disminuye el área foliar, afectando el rendimiento a través de la reducción en el número y/o el peso de granos. Si bien puede aparecer desde el comienzo del ciclo del cultivo, esta roya es más notable hacia floración y llenado de granos (Díaz et al., 2007).

Una de las herramientas para el manejo de esta enfermedad es el uso de híbridos resistentes y, en los últimos años en la zona núcleo maicera del país, la aplicación de fungicidas durante los estadios foliares V8 y VT ha logrado reducir la severidad de la enfermedad. En las últimas campañas algunos híbridos de alto potencial de rendimiento han demostrado susceptibilidad a roya común del maíz, por lo tanto, la aplicación de fungicidas foliares en maíz es una alternativa válida para reducir las pérdidas en rendimiento causadas por esta enfermedad. Durante la campaña 06/07 se encontraron diferencias de rendimiento a favor de la aplicación de fungicidas con mezcla de triazol+ estrobilurina (Couretot et al., 2008). Esta alternativa no solo implica un mayor gasto por parte del productor sino también un potencial daño ambiental debido a las dificultades de generar un control preciso y eficiente una vez que el cultivo ha logrado un porte elevado.

La resistencia cuantitativa para el caso de maíz se asocia a la resistencia general o parcial en donde un conjunto de genes de efectos pequeños controla la enfermedad a través de la reducción en el número y tamaño de pústulas, retraso en la esporulación y/o reducción en la producción de esporas (Groth et al., 1983a). Existen estudios relacionados al análisis de la resistencia cualitativa en maíz que es raza-específica (Darino, 2016). En esta respuesta, genes denominados Rp confieren resistencia a determinadas razas del patógeno a partir de la primera hoja y durante todo el ciclo de vida de la planta (Hooker, 1985). La respuesta de resistencia de estos genes es del tipo HR y la mayoría son dominantes.

En variedades de maíz susceptibles en áreas templadas, la roya común puede causar epifitias severas provocando pérdidas de entre el 10 % y el 75 % de los rendimientos de maíz (Dey et al., 2012; Groth et al., 1983b; Roelfs y Bushnell, 1985). Estudios han estimado que con cada aumento del 10 % en la severidad de la roya se produce una pérdida entre 2 % y 7 % en el rendimiento de maíz dulce (Pataky, 1987; Shah y Dillard, 2006). La reducción de los rendimientos se produce no solo por disminución del área fotosintéticamente activa, sino por la competencia por fotoasimilados entre dos destinos constituidos por los granos en el momento de llenado y las pústulas que generan uredosporas y teliosporas. La reducción promedio del rendimiento con niveles de severidad en hoja del 25-30 %



alcanzó un 17 %, sin embargo, con 30 % de severidad se determinaron pérdidas del 21 %. Las aplicaciones de fungicidas con 5% de severidad de roya permitieron incrementos del 1000 a 2000 kg ha⁻¹, en maíces de 11000 kg ha⁻¹ (Couretot et al., 2008). Es por ello que surge la necesidad de analizar el comportamiento frente a roya común de diversos híbridos de maíz sembrados en el sudeste bonaerense para poder caracterizar el comportamiento de los mismos

Materiales y Métodos

A partir de los datos publicados anualmente por la Red de Ensayos Territoriales Sudeste (RET Sudeste) de Maíz, considerando un total de 16 ambientes provenientes de distintos experimentos en 2 campañas (2019-20 y 2020-21) y 6 localidades (Figura 1), se seleccionaron los híbridos con presencia en todos los ambientes (Tabla 1). Para mayor información de éstos y otros ambientes, se generó un **mapa interactivo espacio-temporal** con una gran base de datos de consulta rápida y dinámica, que muestra el comportamiento de los híbridos de maíz en los últimos 10 años.

A este mapa interactivo puede accederse a través de la página:

<http://fca.mdp.edu.ar/sitio/informe-maiz-campana-2020-2021/>. En todos los ambientes las evaluaciones de roya del maíz se realizaron utilizando la escala de Cobb (modificada por Peterson et al., 1948), normalizando la escala entre los distintos ambientes analizados. La determinación se realizó en el estadio de R4 caracterizando el máximo de tejido foliar comprometido por síntomas y signos previo a la senescencia del mismo.

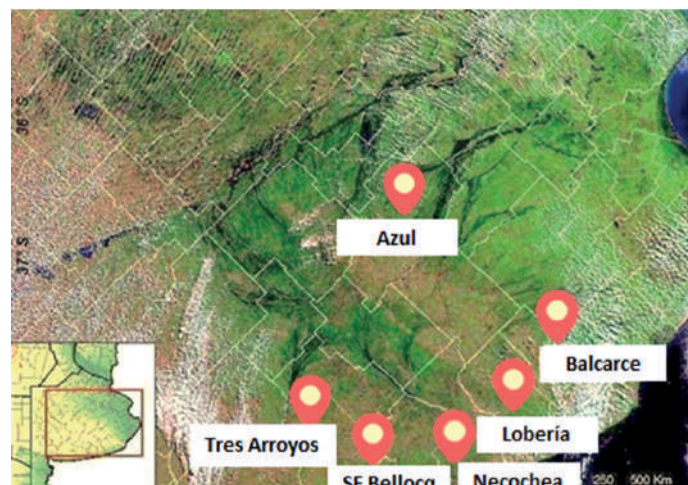


Figura 1. Localidades donde se realizan ensayos de la Red de Ensayos Territoriales sudeste de maíz.



Tabla 1. Híbridos de maíz seleccionados de las bases de datos de la Red de Ensayos Territoriales sudeste de maíz de las campañas 2019/2020 y 2020/2021, empresa a la cual pertenecen y sus correspondientes números de orden.

Híbrido	Empresa	Código
ACA470VT3P	ACA	1
473VT3P	ACA	2
ACA481VT3P	ACA	3
476VT3P	ACA	6
DK72-70VT3P	Bayer	18
3190MGRR2	Forratec	31
SRM 6620 VT3P	Limagrain	47
LG 30680 VIP3	Limagrain	49
NIDERA AX 7761 VT3P	Nidera	53
NIDERA AX 7784 VT3P	Nidera	54
NS 7818 VIP3	Nidera	60

Para el análisis de estabilidad en el comportamiento frente a roya de los híbridos en diferentes ambientes, se utilizó un modelo de análisis de regresión entre la severidad de roya y su índice ambiental (IA) (Eberhart y Russell, 1966). Todas las variables bajo estudio fueron analizadas utilizando el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2008).

Resultados y discusión

En la Figura 2 se observa la variabilidad en la severidad de roya registrada en los ambientes analizados. En este gráfico el híbrido 31 presenta la menor variabilidad y la media más baja en contraste con los híbridos 1, 2 y 3 que presentaron mayor variabilidad y media más elevada. De este modo, el híbrido 31 presentaría algún indicio de resistencia general ya que en los ambientes explorados no presentó alta severidad. En todos los casos, la severidad se mantuvo por debajo de los valores máximos reportados de alrededor de 40% en general para la zona núcleo maicera (González et al.,1999).

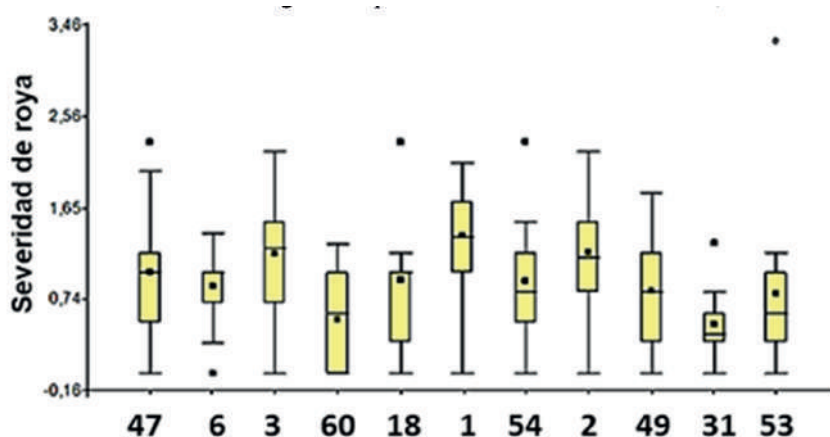




Figura 2. Gráfico de cajas correspondiente a datos de severidad de roya en los híbridos de maíz evaluados en 16 ambientes. Se observa primer y tercer cuartil, la mediana, la media aritmética, valores máximos, valores mínimos y puntos extremos.

El análisis de regresión lineal de la severidad de roya de cada híbrido respecto al índice ambiental de todos los híbridos analizados presentó dos híbridos con respuesta de interacción o inestabilidad (Tabla 2). Los híbridos 6 y 31 presentaron un comportamiento diferente de los restantes, no incrementaron sus niveles de severidad en aquellos ambientes donde los demás híbridos manifestaron alta severidad de la enfermedad (Figura 3). Este comportamiento diferencial al promedio de los híbridos analizados los posiciona como genotipos útiles para uso en ambientes con condiciones predisponentes para el desarrollo de enfermedades. Es importante destacar que ambos genotipos fueron los de más reciente liberación al mercado nacional (INASE, 2021),

Tabla 2. Componentes de la ecuación de regresión lineal simple resultado del análisis del comportamiento comparativo de severidad de roya para cada híbrido respecto al Índice Ambiental. En negrita se destacan los híbridos con pendiente distinta de 1.

Código	Pendiente	LI pendiente	LS pendiente	Ordenada al origen	LI Ordenada al origen	LS Ordenada al origen	R ²
1	1,09	0,72	1,45	0,34	-0,04	0,71	0,75
2	0,95	0,4	1,51	0,31	-0,26	0,88	0,49
3	1,11	0,66	1,56	0,14	-0,33	0,6	0,67
6	0,59	0,21	0,97	0,31	-0,08	0,7	0,45
18	1,24	0,78	1,71	-0,22	-0,71	0,26	0,88
31	0,34	-0,15	0,83	0,19	-0,3	0,68	0,25
47	1,24	0,81	1,68	-0,17	-0,61	0,28	0,73
49	1,1	0,71	1,5	-0,16	-0,55	0,22	0,74
53	1,38	0,42	2,33	-0,6	-1,64	0,44	0,48
54	1,12	0,7	1,53	-0,18	-0,62	0,26	0,76
60	0,88	0,55	1,21	-0,28	-0,62	0,06	0,72

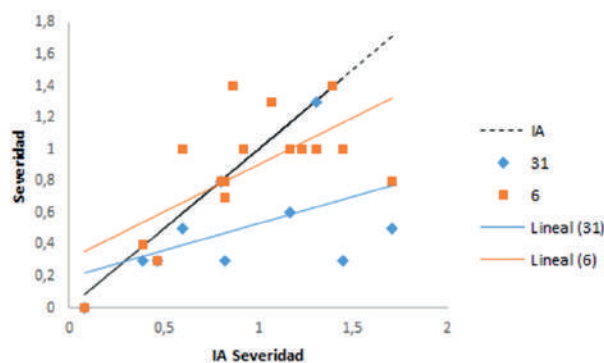


Figura 3. Relación entre la severidad determinada en los híbridos 31 y 6 en función al Índice Ambiental (IA). Se observa la línea de tendencia correspondiente al híbrido 31 (rombos en azul), la del híbrido 6 (cuadrados en naranja). Las ecuaciones de las rectas y los coeficientes de determinación R² se encuentran en la Tabla 2). En la línea punteada se observa la tendencia 1:1 que correspondería al IA, que constituye el promedio de los híbridos analizados a través de cada uno de los ambientes.



En híbridos distintos del 6 y el 31 no se detectó interacción híbrido por ambiente, sin embargo, se destaca el efecto del genotipo. Para identificar esto es importante analizar las tendencias correspondientes a los híbridos en función al IA (Figura 4). En este caso, los híbridos 1, 2 y 3 mantienen su performance, en general, por encima del IA. Por otro lado, los híbridos 53, 54 y 60 se mantuvieron por debajo del IA o se superpusieron a su tendencia solo en los ambientes donde la severidad de enfermedad fue mayor a 1. El comportamiento del resto de los híbridos fue de una severidad que no difería del IA. Eberhart y Russell (1966) consideraron que los genotipos estables son aquellos que presentan una baja interacción con el ambiente en el cual se desarrollan. Un híbrido estable puede mantener un comportamiento relativamente constante respecto al promedio de la mayoría de los híbridos o índice ambiental (IA). De este modo, se podría decir que la presencia de roya en los híbridos va a depender por un lado de las condiciones ambientales de la campaña, pero a su vez dependerá del híbrido seleccionado. Varios de los híbridos analizados ya han sido caracterizados en su comportamiento frente a la roya común del maíz en campañas anteriores (Anchoverri, 2016), donde 1 y 2 superaban en severidad de enfermedad al promedio de los híbridos analizados y 53 presentaba niveles de severidad por debajo del mismo.

La estabilidad en su comportamiento frente a roya por sí sola no será de utilidad si el híbrido analizado no presenta una severidad menor o igual a la performance relativa del promedio de los híbridos. La interacción negativa observada en dos de los híbridos resulta en una severidad de enfermedad que no se vio incrementada cuando crecieron en ambientes muy predisponentes. Esta característica dificultaría predecir los niveles máximos de enfermedad que alcanzan estos genotipos, pero constituye una ventaja que precisamente no se alcancen niveles elevados de enfermedad aunque las condiciones ambientales y de inóculo sean predisponentes.

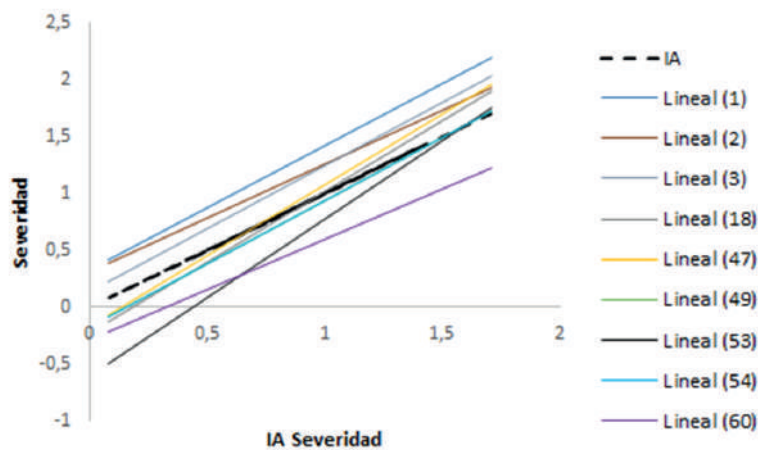


Figura 4. Líneas de tendencia entre la severidad determinada en los híbridos 1, 2, 3, 18, 47, 49, 53, 54 y 60 en función al Índice Ambiental (IA). Las ecuaciones de las rectas para cada híbrido y los R2 se encuentran en la Tabla 2. En la línea punteada se observa la relación 1:1 correspondiente al IA, que constituye el promedio de los híbridos analizados a través de cada uno de los ambientes.

En ninguno de los ambientes analizados se observó una asociación significativa entre la severidad de roya y el rendimiento del cultivo ($p < 0,0550$). Además, los ambientes con mayor manifestación de la enfermedad presentaron los rendimientos más altos. Esta situación puede obedecer a que no se realizó tratamiento con fungicidas en ningún experimento, pero que la mayoría de los ambientes fueron en secano. De este modo, la enfermedad, cuyo agente causal es biótrofo presentó aumentos en severidad en aquellos ambientes que fueron favorables para el crecimiento vegetativo y donde se obtuvieron los mayores rendimientos. Sin embargo, ante un escenario de cambio climático, los



patógenos podrían tener una mayor capacidad de evolución y adaptación que los cultivos a los nuevos ambientes, y como consecuencia aumentaría el impacto de ciertas enfermedades. Los aumentos de temperatura esperados para varios de los países en que se produce maíz podrían comprometer la productividad por aumento del impacto de las royas (Jones y Thornton, 2003; Ramirez-Cabral et al., 2017).

Conclusiones

En base a los diferentes ambientes analizados se identificaron dos híbridos que presentaron interacción genotipo-ambiente para roya común del maíz. En los híbridos 31 (Fornatec 3190MGRR2) y 6 (ACA476VT3P), se observó escasa relación con la dinámica de severidad promedio de los híbridos, sin altos niveles en la misma. Los materiales que se asocian a la variabilidad general: 1 (ACA470VT3P), 2 (ACA473VT3P) y 3 (ACA481VT3P) tendieron a mayor severidad de forma constante en la mayoría de los ambientes. Por el contrario, 53 (Nidera AX7761VT3P), 54 (Nidera AX7784VT3P) y 60 (Nidera NS7818) se ubicaron por debajo de la severidad promedio en cada uno de los ambientes evaluados.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a Romina Anchoverri, Lucrecia Manso y Marcos Sordini quienes realizaron la siembra y toma de datos en los experimentos fuera de Balcarce.



Referencias bibliográficas

- AGRIOS, G. N. 2005. Plant pathology. Elsevier Ac Press. San Diego, California, USA, 5th. ed. 922 pp.
- ANCHOVERRI, R. 2016. Maíz. Ensayo comparativo de rendimiento LOBERÍA Campaña 2015-16 [En línea] https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_loberia_1516_sd070_0.pdf [Consulta: 8 de Septiembre de 2021].
- COURETOT, L.; FERRARIS, G.; MOUSEGNE, F.; RUSSIAN, H. 2008. Control químico de roya común del maíz (*Puccinia sorghi*). HM-25. Resúmenes 1er° Congreso Argentino de Fitopatología. 28-30 mayo. Córdoba, Argentina.
- DARINO, M.A.; ROCHI, L.; LIA, V.V.; KREFF, E.D.; PERGOLES, M.F.; INGALA, L.R.; DIEGUEZ, M.J.; SACCO, F. 2016. Virulence characterization and identification of maize lines resistant to *Puccinia sorghi* Schwein. present in the Argentine Corn Belt region. *Plant Dis.* 100:770-776.
- DEY, U.; HARLAPUR, S. I.; DHUTRAJ, D. N.; SURYAWANSHI, A. P.; BADGUJAR, S.L.; JAGTAP, G. P.; KULDHAR, D. P. 2012. Spatiotemporal yield loss assessment in corn due to common rust caused by *Puccinia sorghi* Schw. *African Journal of Agricultural Research*, 7, 5265–5269.
- DIAZ, C.; HEREDIA, A.; FRANCO, F.; AGUAYSOL, C. 2007. Enfermedades de maíz: prospección y epidemiología. Proyecto MAIZAR. Maíz norte argentino, red de ensayos 2006/2007. http://www.maizar.org.ar/documentos/316_enfernoa.pdf.
- DI RIENZO, J. A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. W. 2008. InfoStat, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- GONZÁLEZ, M.; INCREMONA, M.; GHIO, A.; PAPUCCI, S.; CRUCIANI, M.; GONZÁLEZ, A.; CASTELLARIN, J.; PEDROL, H. 1999. Comportamiento de cultivares de maíz frente a la roya común en las localidades de Oliveros y Zavalla. Campaña 1998/1999. Para Mejorar la producción 10: Maíz: 74-79.
- GROTH, J.V.; DAVIS, D.W.; ZEYEN, R.J.; MORGANN, B.D. 1983a. Ranking of partial resistance to common rust (*Puccinia sorghi* Schew.) in 30 sweet corn (*Zea mays*) hybrids. *Crop Protection* 2: 105-111.
- GROTH, J.; ZEYEN, R.; DAVIS, D.; CHRIST, B. 1983b. Yield and quality losses caused by common rust (*Puccinia sorghi* Schw.) in sweet corn (*Zea mays*) hybrids. *Crop Protection*, 2, 105–111.
- HOOKE, A.L. 1985. Corn and sorghum rusts. In: Roelfs A, Bushnell W (eds). *The Cereal Rust*. Academic Press, New York, pp 207-236.
- INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS (INASE). 2021. Catálogo Nacional de Cultivares. Consulta on line. <https://gestion.inase.gob.ar/consultaGestion/gestiones>
- JONES, P. G.; THORNTON, P. K. 2003. The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. *Global Environmental Change*, 13, 51–59.
- PATAKY, J. 1987. Quantitative relationships between sweet corn yield and common rust, *Puccinia sorghi*. *Phytopathology*, 77, 1066–1071.
- PETERSON, R.F.; CAMPBELL, A.B.; HANNAH, A.E. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. *Can J Res* 26:496–500.
- RAMIREZ-CABRAL, N. Y. Z.; KUMAR, L.; SHABANI, F. 2017. Global risk levels for corn rusts (*Puccinia sorghi* and *Puccinia polysora*) under climate change projections. *Journal of Phytopathology*, 165, 563-574.



ROELFS, A. P.; BUSHNELL, W. R. 1985. The Cereal rusts. Diseases, distribution, epidemiology, and control. Orlando, FL: University of Minnesota, Academic Press, INC.

SHAH, D. A.; DILLARD, H. R. 2006. Yield loss in sweet corn caused by *Puccinia sorghi*: A meta-analysis. *Plant Disease*, 90, 1413–1418.