Selección de cultivares de trigos harineros y duros tolerantes a Piricularia en la localidad de Quirusillas a partir de germoplasma introducido del CIMMYT

Roberto Butrón, Gonzalo Quispe, Félix Marza; Félix Quispe,
Benjamín Huallpa, Gilberto Gutiérrez
Programa Nacional de Trigo, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF),
Av. Blanco Galindo km 5.5, Casilla 832, Cochabamba, Bolivia.
robertt_b21@hotmail.com

Resumen

Se estableció el vivero 1th Seed Wheat Blast South America introducido del CIMMYT durante la campaña agrícola 2012-2013 en la localidad de Quirusillas con el objetivo de evaluar germoplasma de trigos harineros y duros para fuentes de tolerancia para piricularia (*Pyricularia grisea* S.), para ello se evaluaron 11 variables de respuesta, para la operacionalización de las mismas se empleó estadística paramétrica univariada y multivariada con el paquete R. Se identificaron 71 genotipos de trigo harinero como muy tolerantes para la enfermedad de piricularia de los cuales las líneas 857, 545, 578, 675, 66, 64, 611, 80, 571 y 55 además muestran tolerancia para helmintosporiosis. De los 290 genotipos de trigo duro, no existen genotipos que tienen una tolerancia marcada, sin embargo 47 genotipos muestran tolerancia para piricularia de los cuales 1379, 1383, 1399, 1365, 1373, 1374, 1340, 1400 tienen a la vez tolerancia para helmintosporiosis.

Palabras clave: trigo harinero, trigo duro, Piricularia.

Abstract

The 1th Wheat Blast South America nursery to screen for wheat blast was introduced from CIMMYT. That nursery was integrated by bread and durum wheat lines and it was established in Quirusillas valley in Santa Cruz during the crop year 2012-2013 in order to screen for sources of tolerance for piricularia. Eleven variables were evaluated in field. Statistical package R was used to operationalize parametric univariate and multivariate responses. Out of total, 71 wheat genotypes were identified as being very tolerant to wheat blast, besides, some of those lines were also identified as tolerant to helmintosporiosis (lines: 857, 545, 578, 675, 66, 64, 611, 80, 571 and 55). Of the 290 genotypes of durum wheat genotypes, none of them were significantly tolerant to wheat blast, however, 47 showed moderate tolerance for wheat blast, some of them like 1379, 1383, 1399, 1365, 1373, 1374, 1340, 1400 also were tolerant for helmintosporiosis too.

Introducción

El trigo es el cultivo más ampliamente cultivado a nivel global y representa una importante fuente de energía para la alimentación en Bolivia. El trigo es un rubro priorizado y estratégico para el país donde la producción nacional solo alcanza a cubrir alrededor del 30% de la demanda interna con rendimientos que fluctúan entre 0.6 a 1.6 $t*ha^{-1}$ muy por debajo de los índices productivos de los países de la región y esta baja productividad se atribuye a varios factores bióticos y abióticos (INIAF, 2012). Entre los factores bióticos la enfermedad de Piricularia (*Pyricularia grisea* S.) es el factor más importante que puede afectar la producción hasta en un 100% en la área tropical (Kohli *et al.,* 2011). Este patógeno infecta en las partes aéreas de la planta (hojas, tallos y espiga), Sin embargo las mayores pérdidas se traducen cuando el hongo ataca los raquis en la base de la espiga, lo que limita el desarrollo de los granos y mata completamente la espiga (Kohli *et al.,* 2011)

La enfermedad puede en algún grado ser manejada y reducir su incidencia con la aplicación de fungicidas, cultivares tolerantes, prácticas agronómicas y métodos biotecnológicos (Ribot *et al.,* 2008). Sin embargo, el uso de variedades tolerantes es el mé-

todo más económico y beneficioso para el medio ambiente (Khan *et al.*, 2001 y Haq *et al.,* 2002). La tolerancia con el transcurrir del tiempo puede quebrarse debido a la aparición de nuevos razas más virulentas del patógeno (Sánchez, 2007). El presente estudio tiene por objetivo de evaluar germoplasma de trigos harineros y duros introducidos del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de maíz y Trigo) para fuentes de tolerancia para piricularia en la localidad de Quirusillas, Santa Cruz, Bolivia.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la localidad de Quirusillas, ubicado en los valles mesotérmicos del departamento de Santa Cruz durante la campaña agrícola 2012-2013. El germoplasma introducido del CIMMYT estuvo constituido de 1581 genotipos de trigos (1291 harineros y 290 duros) del vivero 1th Seed Wheat Blast South America. El material fue establecido bajo la metodología de surco por entrada bajo una densidad de siembra de 100 kg*ha^{-1}, fueron evaluadas 11 variables cualitativas (binarias, ordinales y nominales) y cuantitativas (continuas y discretas). Se utilizó estadística descriptiva y análisis multivariado (análisis de componentes principales, análisis clúster), que permitieron identificar cultivares que tienen fuente de tolerancia para piricularia (tabla 1).

El análisis de componentes principales y la estimación de índices de similitud entre las variables fue evaluada. Se utilizó el software estadístico R-Project 3.2.2 (R Core Team, 2015) y el dendograma fue graficado con la librería Circlize 0.3.4 (Zuguang, 2015)

Tabla 1. Escala de calificación (1-5) de piricularia utilizado en la evaluación

Escala	Severidad de la enfermedad	Respuesta del huésped
1	Lesiones de mancha marrones de 3 mm o más con infección con más de 75% de área foliar afectada	Muy susceptible
2	Lesiones de mancha marrones de 3 mm o más largo con infección de 26-50% del área foliar	Susceptible
3	Lesiones de mancha marrones de 3 mm o más de 10.4% de infección del área foliar	Moderadamente tolerante
4	Pequeñas manchas marrones	Tolerante
5	No se observa lesiones en la planta	Muy tolerante

Resultados y discusión

Para efectos de caracterizar el comportamiento climático de la localidad de Quirusillas, se construyó un climadiagrama histórico de 10 años precedentes (figura 1) que contempla precipitación, temperatura media, temperatura máxima y temperatura mínima, que se constituyen indicadores propicios para el desarrollo de la enfermedad de piricularia.

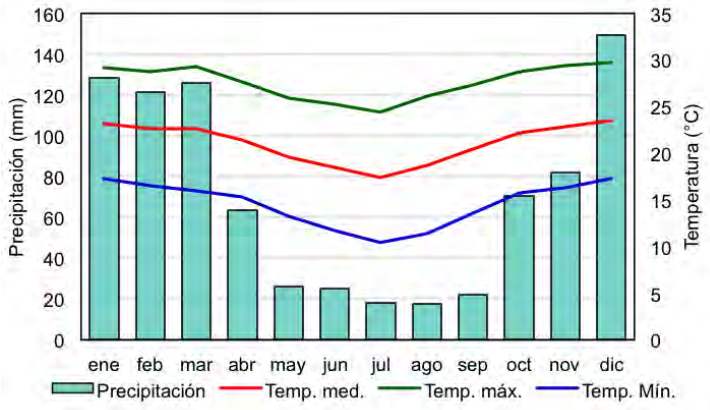

Figura 1. Comportamiento de la precipitación pluvial y temperatura de 10 años históricos de la localidad de Quirusillas, Santa Cruz.

Los meses que implican la evaluación del cultivo están comprendidos entre los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, donde se observa precipitaciones desde 149, 128, 122 y 126 mm respectivamente, siendo la acumulada de 525 mm y la temperatura media oscila entre los 23°C siendo la máxima de 30°C y la mínima 17°C. Sin embargo el ambiente propicio para su desarrollo del patógeno, se caracteriza con periodos de lluvias continuas y temperaturas entre los 18 a 25°C durante la etapa de floración del cultivo, seguido de días soleados, cálidos y húmedos (Kohli *et al.,* 2011). En condiciones controladas de cámara de crecimiento, Cardoso *et al.* (2008), observaron mayor intensidad de infección a 30 °C, que aumentó con la duración del período de humectación,

y la más baja a 25° C con un período de humectación de menos de 10 horas. Sin embargo, a 25 °C y 40 h de la humectación, la intensidad de infección superó el 85%. Por las razones antes expuestas, las condiciones medioambientales de la localidad de Quirusillas se constituye en el ambiente potencialmente adecuado para la evaluación de la incidencia del patógeno.

Los datos fenotípicos de cultivares de trigo harinero fueron resumidos (tabla 2) en función a algunos estadísticos descriptivos. El número de días a la emergencia, días a la floración y días a la madurez en promedio para los genotipos fueron de 6, 78, 100 días respectivamente. La altura de planta promedio 55 cm siendo la máxima de 95 cm y la mínima 32 cm. El promedio de longitud de espiga alcanzado fue de 8.7 cm, con una fluctuación de ±1,17 cm. Respecto a la tolerancia a factores adversos, se evidenció la alta variabilidad entre los cultivares, que oscilan desde muy susceptibles hasta muy tolerantes.

Tabla 2. Estadística descriptiva de características cualitativas y cuantitativas (DE: Días a la emergencia; DF: Días a la floración; AP: Altura de planta; RA: Reacción al acame; RY: Roya; PI: Piricularia; HL: Helmintosporiosis; LE: Longitud de espiga; PE: Posición de espiga; CE: Color de espiga y DM: Días a la madurez) de genotipos de trigos harineros del vivero 1th Seed Wheat Blast South America introducidas del CIMMYT, evaluadas en la localidad de Quirusillas, durante la campaña agrícola 2012-2013.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Sesgo	Curtosis
DE[2]	5	8	6	0,78	0,60	0,04	-1,31
DF[2]	70	95	78	8,37	70,01	0,88	-0,48
AP[€]	32	95	55	6,10	37,22	0,70	4,32
RA[₱]	1	5	-	-	-	-	-
RY[₱]	3	5	-	-	-	-	-
PI[₱]	1	5	-	-	-	-	-
HL[₱]	1	5	-	-	-	-	-
LE[€]	5	11	8,7	1,17	1,36	-0,34	-0,78
PE[$]	1	5	-	-	-	-	-
CE[&]	1	3	-	-	-	-	-
DM[2]	95	120	100	6,64	44,05	1,14	0,44

[2]Días; [€]Centímetros; [₱]1=Muy susceptible, 2= Susceptible, 3=Intermedio, 4=Tolerante y 5= Muy tolerante; [$]1=Recto y 5= Curvado y [&]1= Púrpura, 3=Rojo y 5=Blanco

También se elaboró estadística descriptiva para datos fenotípicos de 290 líneas de trigo duro. Donde la altura de planta máxima alcanzada por los cultivares fueron de 70 cm y la mínima de 39 cm, siendo de menor magnitud en comparación con los genotipos de trigos harineros. El promedio de longitud de espiga alcanzado por las líneas fue de 8.5 cm, con una variación de ±1,15. En cuanto a las variables fenológicas días a la emergencia, días a la floración y días la madurez se expresó en promedio de 6,74 y 98 días respectivamente. Además el comportamiento de los cultivares frente a los factores bióticos mostraron variabilidad desde tolerantes hasta muy susceptibles para piricularia y para helmintosporiosis desde muy susceptibles hasta muy tolerantes. Los valores de coeficiente de sesgo y curtosis no excedieron ±2, indicando que la distribución de las expresiones fenotípicas de las líneas estuvo dentro de los parámetros establecidos de normalidad.

Para examinar la agrupación de variables afines y la conformación de componentes no correlacionados, se realizó el análisis de componentes principales con datos estandarizados (figura 2) de genotipos de trigo harinero. Se pudo identificar variables que aportan en mayor magnitud a la varianza. Los dos primeros componentes explican 59% de la varianza acumulada. Donde se puede observar que la variable reacción a la piricularia y reacción a helmintosporiosis tienen correlaciones positivas, lo que implicaría alguna forma de ligamiento que podría ser explorado en el futuro. Además se observa que las variables días a la madurez y días a floración están asociadas, ambas proyectas al componente 1. Los genotipos que se proyectan como tolerantes a la piricularia y helmintosporiosis fueron las siguientes: 857, 545, 578, 675, 66, L64, 611, 80, 571 y 55.

Tabla 3. Estadística descriptiva de características cualitativas y cuantitativas (DE: Días a la emergencia; DF: Días a la floración; AP: Altura de planta; RA: Reacción al acame; RY: Roya; PI: Piricularia; HL: Helmintosporiosis; LE: Longitud de espiga; PE: Posición de espiga; CE: Color de espiga y DM: Días a la madurez) de genotipos de trigo duro del vivero 1Seed Wheatblast Southamerica introducidas del CIMMYT, evaluadas en la localidad de Quirusillas, durante la campaña agrícola 2012-2013.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Asimetría	Curtosis
DE[2]	5	7	6	0,78	0,61	0,27	-1,32
DF[2]	70	95	74	7,87	61,88	2,00	2,55
AP[€]	39	70	54,7	4,57	20,86	-0,19	0,00
RA[₱]	3	5	-	-	-	-	-
RY[₱]	3	3	-	-	-	-	-
PI[₱]	1	4	-	-	-	-	-
HL[₱]	1	5	-	-	-	-	-
LE[€]	6	11	8,5	1,15	1,33	0,17	-1,16
PE[$]	1	5	-	-	-	-	-
CE[&]	1	3	-	-	-	-	-
DM[2]	95	110	98	5,17	26,71	1,59	1,07

[2]Días; [€]Centímetros; [₱]1=Muy susceptible, 2= Susceptible, 3=Intermedio, 4=Tolerante y 5= Muy tolerante; [$]1=Recto y 5= Curvado y [&]1= Púrpura, 3=Rojo y 5=Blanco

De la figura 3 se observa la gráfica biplot construido a base de datos estandarizados de 11 variables de trigos duros que expresan y representan el 64% de varianza acumulada. Las variables reacción a piricularia, reacción a helmintosporiosis con la posición de la espiga están correlacionadas positivamente, este comportamiento es probablemente debido a precondición de requerimientos medioambientales similares. Sin embargo las variables días a la floración y días a la madurez también están correlacionadas. En cuanto a los genotipos se visualiza 3 grupos distintivos frente a las 11 variables evaluadas. Los genotipos: 1379, 1383, 1399, 1365, 1373, 1374, 1340, 1400 se proyectaron adyacentes al vector de reacción a piricularia, manifestando su tolerancia a la incidencia de la patología.

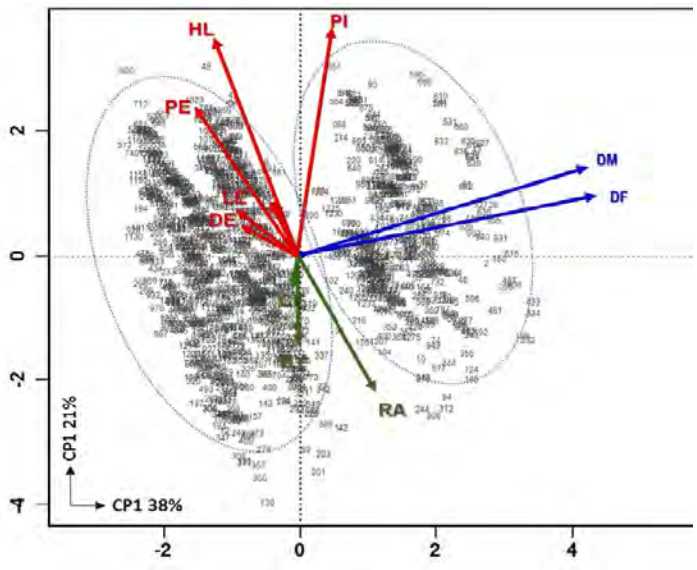

Figura 2. Análisis Biplot de la caracterización de genotipos de trigo harinero del vivero 1Seed Wheatblast Southamerica introducidas del CIMMYT, evaluadas en la localidad de Quirusillas, durante la campaña agrícola 2012-2013. Las características evaluadas fueron: altura de planta (AP), color de espiga (CE), tolerancia a la piricularia (PI), reacción al acame (RA), tolerancia a la roya (RY), días a la emergencia (DE), días a la madurez (DM), tolerancia a helmintosporiosis (HL), longitud de espiga (LE) y posición de la espiga (PE).

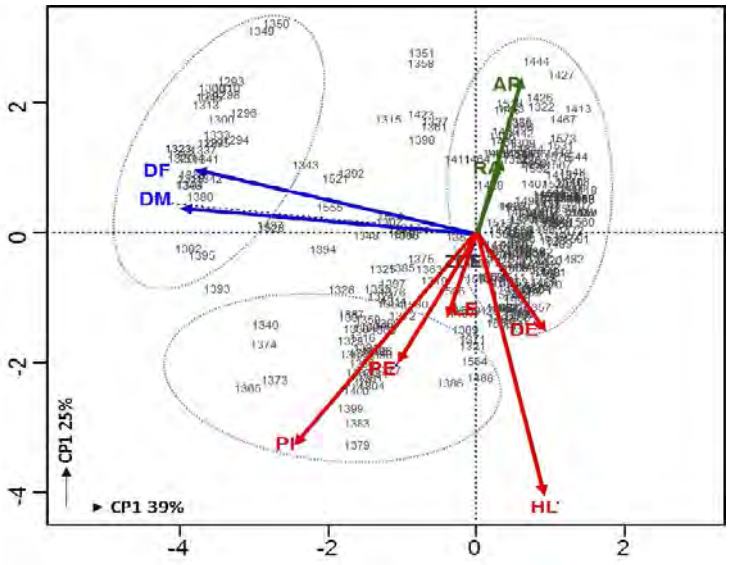

Figura 3. Análisis Biplot de la caracterización de genotipos de trigo duro del vivero 1thSeed Wheatblast Southamerica introducidas del CIMMYT, evaluadas en la localidad de Quirusillas, durante la campaña agrícola 2012-2013. Las características evaluadas fueron: altura de planta (AP), color de espiga (CE), tolerancia a la piricularia (PI), reacción al acame (RA), tolerancia a la roya (RY), días a la emergencia (DE), días a la madurez (DM), tolerancia a helmintosporiosis (HL), longitud de espiga (LE) y posición de la espiga (PE).

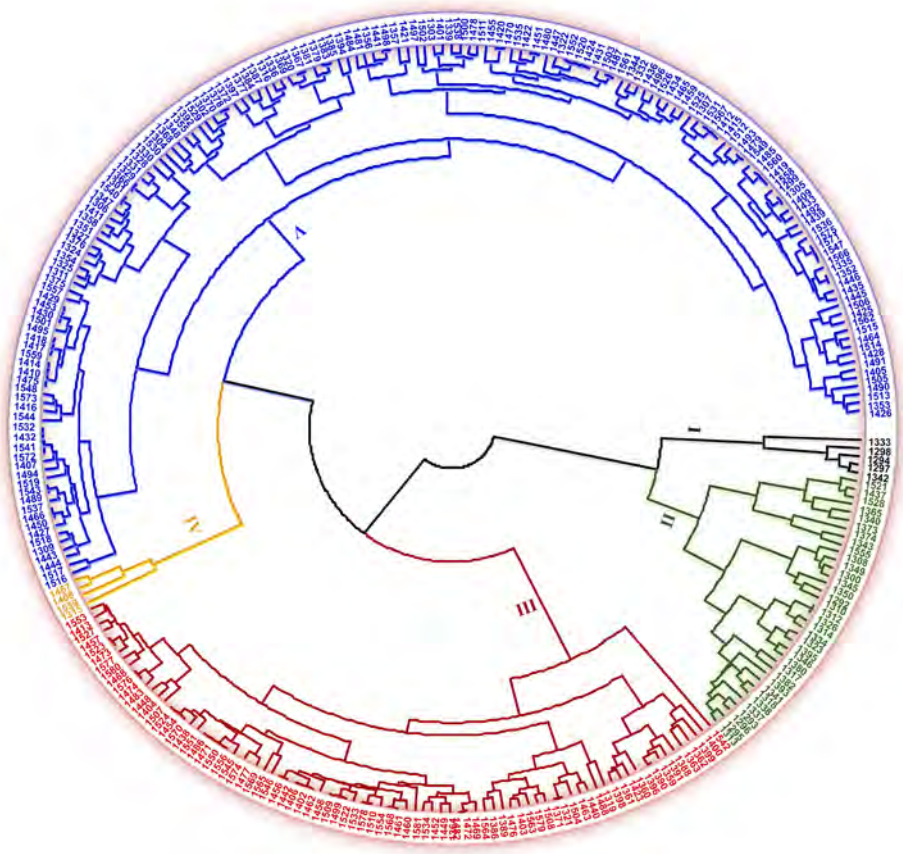

Figura 4. Dendograma circular de distancias basado en datos estandarizados de 290 genotipos de trigo duro a partir de 11 variables cuantitativas y cualitativas.

El análisis de clúster de 290 cultivares de trigo construido en base a los datos cualitativos y cuantitativos estandarizados y representados en el dendograma circular (figura 4), permitió la identificación de cinco grupos que tienen características similares y contrastantes: el primero lo conforman genotipos que son muy susceptibles a enfermedades evaluadas y tardíos, el segundo: 38 fueron susceptibles tardíos y con posición de espigas recta, el tercero: compuesto de 84 genotipos que presentaron similitud en términos de tolerancia moderada a enfermedades y son de ciclo intermedio, el cuarto: 6 líneas tienen tolerancia moderada para las enfermedades y precoces y 157 son tolerantes, precoces y porte de planta baja que representa el 57% de la población en estudio.

De los 1291 genotipos de trigo harinero 71 (11%) de ellos resultaron ser muy tolerantes para piricularia, 362 (19%) tolerantes, 466 (36%) muy tolerantes y el restante se distribuyen entre susceptibles y muy susceptibles. En cuanto a trigos duros16 (47%) de 290 fueron Tolerantes, 86 (30%) moderadamente tolerantes, 78 (27%) susceptibles y 79 (27%) y muy susceptibles.

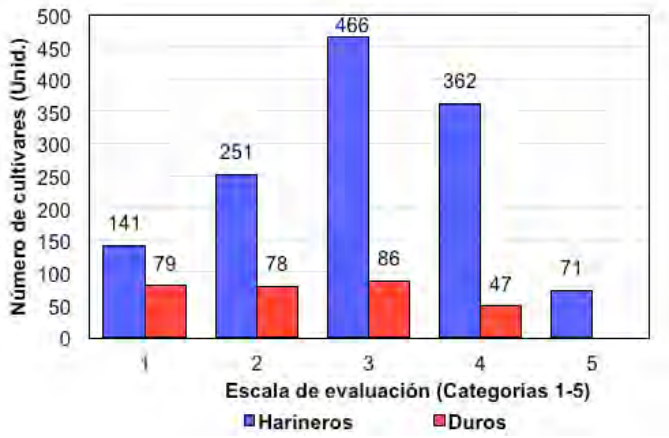

Figura 3. Conteo de cultivares de trigo harinero y trigos duros del vivero 1th Seed Wheat Blast South America introducidas del CIMMYT tolerantes a piricularia (1=Muy susceptible, 2= Susceptible, 3=Moderadamente susceptible, 4=Tolerante y 5= Muy tolerante), evaluadas en la localidad de Quirusillas, durante la campaña agrícola 2012-2013.

Conclusiones

Se identificaron 71 genotipos de trigo harinero como muy tolerantes para la enfermedad de piricularia de los cuales las líneas 857, 545, 578, 675, 66, 64, 611, 80, 571 y 55 además muestran tolerancia para helmintosporiosis.

De las 290 líneas de trigo duro, no existen genotipos que hayan mostrado tolerancia marcada, sin embargo 47 genotipos muestran moderada tolerancia para piricularia de los cuales 1379, 1383, 1399, 1365, 1373, 1374, 1340, 1400 tienen a la vez tolerancia para helmintosporiosis.

En el estudio se identificó una relación positiva entre las variables de reacción a piricularia y helmintosporiosis.

Referencias citadas

- Cardoso C.A. De A., Reis E.M., Moeira E.N. (2008). Desenvolvimento de sistema de previsão de brusone causada por Pyricularia grisea. Summa Phytopathologica, 34: 216–221.
- Haq, I. M., M. Fadnan, F.F. Jamil and A. Rehman. 2002. Screening of rice germplasm against Pyricularia oryzae and evaluation of various fungitoxicants for control of disease. Pak. J. Pythopath. 14(1):32-5.
- INIAF. 2012. Boletín informativo. Nro. 1
- Khan, J. A., F. F. Jamil, A.A. Cheema, and M. A. Gill. 2001. Screening of rice germplasm against blast disease caused by Pyricularia oryza In: Proc. National Conf. of Plant Pathology, held at NARC. Islamabad. Oct 1-3. pp. 86-9
- Kohli, M. M., Y. R. Mehta, E. Guzman, L. De Viedma, and L. E. Cubilla. 2011. Pyricularia blast a threat to wheat cultivation. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding 47(Special Issue):S130–S134.
- Latin, R., and P. Harmon. 2004. Managing gray leaf spot in the midwest. Golf Course Management 72:89-92.
- Maciel, J. L. N. 2011. Magnaporthe oryzae, the blast pathogen: Current status and options for its control. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources 6:233-240.

- Maciel, J. L. N. 2013. Phenotypic and genetic variation in Magnaporthe oryzae from wheat and Poaceae in Brazil. Wheat Blast Symposium, North Central American Phytopathological Society Annual Meeting, Manhattan, KS. June 14, 2013.
- Osborne, L., and K. Ruden. 2011. Seed treatment fungicide options for wheat in South Dakota. South Dakota University.
- Pedersen, D. K., R. T. Kane, and H. T. Wilkinson. 2000. First report of gray leaf spot caused by Pyricularia grisea on Lolium perenne in Illinois. Plant Disease 84(10):1151.
- Ribot, C, J. Hirsch, S. Balzergue, D. Tharreau, J. H. Notteghem, M. H. Lebrun and J. B. Morel. 2008. Susceptibility of rice to the blast fungus, Magnaporthe grisea. J. Plant Physiol. 165: 114
- Sanchez, J. 2007. Identificación de marcadores asociados a la resistencia del aguacate raza mexicana (persea americana mill. var. drymifolia) al oomiceto *Phytophthora cinnamomi* Rands Tesis para obtener el grado de doctor en ciencias biológicas en la opción de biología experimental. Michoacán, México. 116 pag.
- USDA. 2015. New Pest Response. Guidelines Teleomorph: Magnaporthe oryzae B.C. Couch Triticum pathotype; Anamorph: Pyricularia oryzae Cavara Wheat Blast. The U.S. Department of Agriculture (USDA). 102 pag.
- Zhang, N., A. Y. Rossman, K. Seifert, J. W. Bennett, G. Cai, L. Cai, B. Hillman, J. Luo, D. Manamgoda, W. Meyer, T. Molnar, C. Schoch, M. Tadych, and J. F. White, Jr. 2013. Impacts of the international code of nomenclature for algae, fungi, and plants (Melbourne code) on the scientific names of plant pathogenic fungi.1-25.