

Comunicado 355

Técnico

ISSN 1517-4964

Abril, 2016

Passo Fundo, RS

online

Foto: Gisele Abigail Montan Torres



Tipos de lesiones de Piricularia en trigo

Gisele Abigail Montan Torres¹
Hebert Hernán Soto González²
Natália Forchezato Webber^{3*}
Henrique Matheus Scherer³

Introducción

El primer relato mundial de la aparición de Piricularia (bruzone) en trigo y en condiciones de campo fue en Brasil, en el norte del estado de Paraná a mediados de la década de los años 80

(IGARASHI et al., 1986). En los años siguientes, el patógeno se ha diseminado a nuevas áreas, y en la actualidad su presencia se ha registrado en el Distrito Federal (ANJOS et al., 1996) y en los estados de Mato Grosso do Sul (GOULART et al., 1990), Rio Grande do Sul (PICININI; FERNANDES, 1990), São Paulo (IGARASHI,

¹ Ingeniero Agrónomo, Dra. en Genética y Biología Molecular, Investigadora de Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, Brasil.

² Biólogo, Dr. en Biotecnología, Investigador Postdoctoral de Embrapa Trigo, becario PNPd/CNPq proceso 159540/2010-0.

³ Académico (a) de la Facultad de Agronomía y Medicina Veterinaria, Universidad de Passo Fundo. Passo Fundo, RS, Brasil. *Becaria PIBIC/Embrapa Trigo 2013-2014, proceso 800414/2013-6.

1991), Goiás (PRABHU et al., 1992) y Minas Gerais. Además de Brasil, la enfermedad se ha reportado en otros países de América del Sur como Paraguay, Bolivia y Argentina (KOHLLI et al., 2011). La enfermedad se produce con mayor intensidad bajo condiciones de altas temperaturas (más de 20 °C) y más de 10 horas de mojado en la hoja (CARDOSO et al., 2008).

La bruzone es causada por el hongo *Pyricularia oryzae* (teleomorfo *Magnaporthe oryzae*), que infecta más de 50 especies de gramíneas. En arroz, la bruzone es conocida como una de las enfermedades más antiguas. *P. oryzae* puede infectar todos los órganos de la planta, incluyendo hojas, tallos y espigas. La infección de la espiga de trigo es una de las formas más destructivas de la ocurrencia de la enfermedad (PRESTES et al., 2007). Los daños causados por bruzone en la producción de granos de trigo dependen del grado de infección de la espiga y del local de penetración del hongo, pudiendo afectar la espiga en forma parcial o totalmente.

Esta enfermedad es importante porque influye directamente en las reducciones del rendimiento y calidad de los granos. En infecciones tempranas, los granos de trigo aparecen deformados, pequeños y de bajo peso específico, siendo la mayoría eliminados durante la cosecha y el procesamiento. En el estado de Mato Grosso do Sul, investigaciones realizadas durante los años de 1988 a 1992 en condiciones de infección natural en campo, mostraron una reducción de 10% a 53% del rendimiento de granos y del 14.5% a 74% en el peso de los granos producidos (GOULART et al., 2007).

Las espigas enfermas se caracterizan por presentar una coloración blanquecina y por tener una necrosis en el raquis siendo el punto de penetración del hongo. Goulart et al. (2007) afirmaron que al considerar los síntomas de blanqueamiento de las espigas que son tan evidentes, eso puede influenciar en la sobreestimación fácilmente de los daños causados por bruzone.

Es importante destacar que, antes de la aparición del blanqueamiento de las espigas y dependiendo del grado de resistencia de cada genotipo de trigo, pueden ser observados diferentes tipos de lesiones causados por el patógeno

en otras partes de la planta. En arroz, es bien conocido que diferentes tipos de lesiones son muy variables, dependiendo del tipo de cepa de hongo, planta hospedera y también de las condiciones ambientales (OU, 1985). En trigo, diferentes tipos de lesiones pueden ser observados tanto en condiciones ambientales controladas, como en condiciones de campo. En una inoculación, la identificación de los tipos de lesiones en hojas de plantas jóvenes, hoja bandera y en espigas de plantas adultas es realizada a partir de cinco a siete días después de la inoculación.

En cultivos de arroz, la bruzone fue descrita en el año de 1600 en China (BEDENDO, 1997) y es hasta hoy una de las enfermedades más importantes de este cultivo. Ante esta perspectiva temporal, está claro que existe un desigual grado de conocimiento sobre la interacción de *Magnaporthe oryzae* en arroz con relación a la interacción con el trigo. Desde el punto de vista de la genética molecular, la bruzone del arroz es un modelo de estudio de las relaciones patógeno-hospedero (LIU et al., 2010). La enfermedad se manifiesta en las partes vegetativas (*leaf blast*, en inglés), como panículas y nudos del tallo de arroz (*panicle and neck blast*) (BONMAN, 1992).

La mayoría de las investigaciones científicas orientadas a buscar resistencia genética a *Magnaporthe* en arroz fueron direccionadas para *leaf blast*, que se desarrolla durante el crecimiento vegetativo del cultivo. De ese modo, por motivos de practicidad, se realizaron pruebas para evaluar el germoplasma de arroz, desarrollados solamente en hojas y no en panículas, siendo utilizadas mayormente plantas jóvenes (dos a tres semanas después de la siembra), suponiéndose una alta correspondencia de la reacción de la planta en etapas jóvenes y adultas (BONMAN, 1992). En plántulas, las hojas más jóvenes, cuando expandidas, son el tipo de tejido vegetal más susceptible a la enfermedad (VALENT et al., 1991). Cuando la bruzone del arroz se propaga severamente en las primeras etapas del desarrollo de la cultura, la necrosis de las hojas pueden conducir a la muerte de las plantas (BEDENDO, 1997). Ya en el trigo, no hay correspondencia entre la reacción de las plantas jóvenes y plantas adultas (hojas bandera

y espigas), y tampoco entre la reacción de las hojas bandera y espigas en la etapa adulta.

En arroz, las técnicas de evaluación de la resistencia genética para fines de mejoramiento varían entre diferentes países e instituciones de investigación, y depende de las condiciones ambientales locales (en vivero, en el campo o en invernadero) y de los objetivos de la evaluación (PRABHU; FILIPPI, 2006). La evaluación de la bruzone en las hojas de arroz es realizada utilizando una escala que combina el tipo de lesión y el porcentaje de área foliar afectada (STANDARD..., 1988). Ya en panículas, la evaluación se basa en el porcentaje de panículas infectadas (STANDARD..., 1988).

En plantas jóvenes de arroz, Bowman et al. (1986) propusieron la evaluación de las lesiones de bruzone considerando seis tipos: 0, 1, 2, 3, 4 y 5, que muestran la diferenciación de cada tipo de lesión en función del color, tamaño y presencia de esporulación. Por su vez, Valent et al. (1991), clasificaron e ilustraron con fotografías las lesiones en seis tipos. Los autores mencionan que raramente observaron lesiones de bruzone de más de un tipo en los genotipos de arroz considerados. Dependiendo del tipo de lesión, los genotipos fueron clasificados como susceptibles o resistentes al patógeno.

Para bruzone de trigo, Urashima et al. (1993) propusieron cinco categorías (de 0 a 4) para infecciones que se producen en hojas de plantas jóvenes de trigo: tipo 0, sin ninguna reacción visible; tipo 1, lesiones pequeñas, tipo "cabeza de alfiler"; tipo 2, pequeñas lesiones de color marrón a marrón oscuro, sin el centro distinguible; tipo 3, pequeñas lesiones ovales con el centro distinguible de color gris; tipo 4, lesiones de bruzone típicas, forma elíptica, con el centro de color gris. Según los autores, los tipos 0, 1 y 2 serían reacciones de resistencia y los tipos 3 y 4 de susceptibilidad. Las lesiones de tipos 0, 1 y 2 son considerados de resistencia, porque no presentan esporulación cuando son expuestas a condiciones favorables (15 horas en cámara húmeda a 25 °C), mientras que las lesiones tipos 3 y 4 fueron considerados susceptibles, porque fueron colectadas esporas después de la incubación y bajo las mismas condiciones. Fue discutido la posibilidad de existir varios tipos de lesiones en una sola

interacción, hongo x cultivar de trigo. En estos casos, los autores recomiendan, realizar la caracterización de la reacción de susceptibilidad o de resistencia, tomando en cuenta los síntomas predominantes en más de 50% de las plantas evaluadas.

En el caso de la evaluación de bruzone en espigas de trigo, lo más común es la determinación de la incidencia y la severidad (ARRUDA et al., 2005). La incidencia es el porcentaje de plantas enfermas o partes de plantas necrosadas en una muestra o población. La severidad es el porcentaje del área o volumen de tejido cubierto por síntomas. Arruda et al. (2005) emplearon una clave descriptiva para estimar el grado de severidad, teniendo en cuenta el porcentaje de área de la espiga necrosada, debido al ataque del patógeno: nota 0 = espiga sin enfermedad visible; nota 1 = menos de 5% de la espiga necrosada; nota 2 = 5% a 30% necrosada; nota 3 = 30% a 50% necrosada; nota 4 = cuando es mayor que 50% de necrosis; nota 5 = 100%, toda la espiga necrosada. Según Amorim (1995), hay varios ejemplos de claves descriptivas para la evaluación de enfermedades en las plantas. Estas claves pueden ser útiles, mas dependiendo de su objetivo, pueden no ser eficaces para la evaluación sistemática de las enfermedades. Las claves descriptivas no tienen ningún apoyo visual.

Es reciente la publicación de una escala diagramática para evaluación de bruzone en espigas de trigo (MACIEL et al., 2013). Las escalas diagramáticas son representaciones ilustradas de plantas o partes de plantas con síntomas en diferentes niveles de severidad (AMORIM, 1995). Estas simplifican la evaluación y son válidas para evaluaciones de campo. Sin embargo, cuando el objetivo es evaluar con mayor detalle y precisión la enfermedad se debe tener estimaciones más detalladas.

En relación a la evaluación de la respuesta del germoplasma contra bruzone, la mayoría de los cultivos de trigo analizados en Brasil hasta mediados de los años 2000 mostraron una alta susceptibilidad al patógeno. En el año 2009, la Embrapa implemento una iniciativa de investigación dirigida a la comprensión de la interacción *M. oryzae* x trigo, utilizando

un enfoque en biología avanzada (iniciativa denominada de *Wheat BGI*, para *Wheat Blast Genes Interaction*). La estrategia principal fue enfocada en la prospección de recursos genéticos para la identificación de genes de resistencia de trigo contra *M. oryzae* y la caracterización de mecanismos de resistencia, implicados específicamente en la fase de planta adulta. A partir del año 2010, colecciones de germoplasma de trigo fueron caracterizadas en campo, bajo condiciones de alta presión de inoculo y en condiciones ambientales controladas para la reacción a bruzone. En este Boletín Técnico, no se abordarán cuestiones relacionadas con la evaluación de la necrosis del raquis de trigo, solamente serán vistos los síntomas de la enfermedad en relación a la hoja bandera y espigas de trigo.

En la publicación de Urashima et al. (1993), son mencionados los tipos de lesiones, siendo uno de los trabajos más comúnmente referenciados y utilizados en investigaciones sobre bruzone en trigo, empleado para evaluar la reacción de las plántulas a la infección por *M. oryzae*. La misma fue utilizada para evaluar la reacción de hojas bandera (CRUZ et al., 2010). Sin embargo, esta escala de clasificación no proporciona un soporte visual ni ilustraciones que faciliten la tarea de evaluación y cuantificación de la enfermedad.

La comparación de las plantas enfermas con ilustraciones y descripciones de los síntomas son de gran ayuda para el diagnóstico de enfermedades (AMORIM; SALGADO, 1995) y para la caracterización de la reacción de la planta hospedera al tipo de patógeno. Los datos de evaluación de la resistencia para una variedad de enfermedades puede llegar a ser inconsistentes, si diferentes modos de evaluación son utilizados (POSTMAN et al., 2010).

Teniendo en cuenta la evaluación en plantas jóvenes, los tipos de escalas descriptivas para la bruzone del arroz (BONMAN et al., 1986; VALENT et al., 1991) y de trigo (URASHIMA et al., 1993), son muy completos en detalles como el tamaño, color y la presencia de esporulación. Para bruzone de trigo, Takabayashi et al. (2002) añadieron más un nivel, al evaluar las plantas jóvenes, que corresponden a la presencia de coalescimiento de lesiones, como descrito en la escala adoptada por Bonman et al. (1986) para

el arroz. Zhan et al. (2008), utilizando la escala Takabayashi et al. (2002), criticaron la falta de detalles en relación al color de las lesiones, a fin de evitar una confusión relativa al color del borde de las lesiones y el color de las propias lesiones. Desde el punto de vista práctico, para los evaluadores con poca experiencia, la identificación de lesiones de bruzone no es una tarea sencilla.

En las primeras etapas del trabajo desarrollado en el contexto del abordaje *Wheat BGI*, fue muy importante establecer los criterios de evaluación de las plantas sometidas a inoculación. La identificación del tipo de lesión fue realizada durante todos los experimentos. La definición del tipo de reacción con base en el tipo de lesión, es una evaluación cualitativa que contribuye para la determinación del grado de resistencia de los genotipos de trigo a ser caracterizados.

En términos cuantitativos, fue necesario elegir los parámetros a evaluar. En un estudio que compara la reacción de genotipos de trigo frente a la inoculación con *Magnaporthe*, en diferentes etapas de desarrollo, fueron consideradas tanto la incidencia y la severidad de bruzone en espigas (ARRUDA et al., 2005).

Las condiciones establecidas en los experimentos de inoculación realizados, no permitieron la distinción de un nivel de incidencia relacionado con la resistencia de los materiales evaluados en hojas bandera y en espigas. El tratamiento control consistía en hojas bandera y espigas no inoculadas de cada genotipo evaluado, sometido a las mismas condiciones de incubación. Después de la inoculación, hubo una incidencia 100% de bruzone en las partes inoculadas, en todos los experimentos realizados.

Para cuantificar la severidad de bruzone en hojas bandera de trigo, se decidió por coleccionar las hojas entre siete y diez días después de la inoculación, las hojas fueron fijadas con cinta adhesiva transparente (Contact®) sobre papel bond tamaño A4, para ser digitalizadas usando un escáner. Las imágenes fueron analizadas y la severidad fue determinada utilizando el programa ImageJ (<http://imagej.net/Welcome>) (FIJI, 2015).

Al inicio del proyecto, en el año de 2009, no existía ninguna escala diagramática de evaluación

de severidad de bruzone en espigas de trigo, entonces, se optó por el conteo de espiguillas con síntomas para cuantificar la enfermedad. La relación de este conteo con el total de espiguillas de la espiga es expresada en porcentaje, y refleja la severidad real de la bruzone en espigas de trigo. Este tipo de evaluación es extremadamente laboriosa y sólo puede llevarse a cabo en condiciones ambientales controladas. Sin embargo, se agrega precisión a la cuantificación de la intensidad de la enfermedad y permite la expresión de continuum de reacciones existentes por parte de la planta hospedera en relación al patógeno. Estas características del fenotipo son más consistentes para el desarrollo de estudios de genética molecular.

En nuestras investigaciones realizadas en hojas bandera y espigas de trigo, se constató la aplicabilidad de la escala descriptiva de lesiones de bruzone, publicado por Urashima et al. (1993). Además de las cinco categorías propuestas por estos autores, en este Boletín Técnico se propone el uso de dos niveles adicionales: tipo 5, lesiones coalescentes, según lo sugerido por Takabayashi et al. (2002), y más el tipo 6, que es la muerte de los tejidos/órganos evaluados. El tipo 5, es considerado en la evaluación propuesta por Bonman et al. (1986) para bruzone del arroz, y se caracteriza por coalescimiento de lesiones y/o de muerte (de las hojas jóvenes) en un 50% o más del tejido considerado.

Con el fin de cumplir con los objetivos propuestos por la iniciativa del proyecto *Wheat BGI*, de caracterización del germoplasma de trigo en relación a bruzone, el refinamiento del fenotipaje fue extremadamente importante. De acuerdo con los resultados generados, se observó que la presencia de lesiones coalescentes puede no ser suficiente, dependiendo del genotipo de trigo a considerar, para causar la muerte del tejido. De esta forma el tipo 6 correspondería a un nivel de lesión adicional de evaluación de la respuesta de la planta de trigo a la infección por *M. oryzae*.

Entre los resultados generados en esta investigación, son mostrados en la Figura 1, una clave dicotómica para la evaluación de los síntomas de bruzone en plantas de trigo, considerando los siete niveles propuestos. Esta clave tiene por objetivo la preparación

y capacitación de los evaluadores con poca experiencia. Y es aplicable a cualquier parte de la planta de trigo con síntomas de la enfermedad.

Por otra parte, en las Figuras 2 y 3, son mostradas fotos de hojas bandera y espigas inoculadas con el patógeno. La disponibilidad de imágenes reales de diferentes tipos de lesiones de bruzone en trigo, en lugar de diseños, aumenta la precisión de evaluación. Las fotos son de uso práctico, contrariamente a descripciones textuales que pueden tener diferentes grados de subjetividad en la interpretación.

Los experimentos fueron realizados en condiciones ambientales controladas y por tanto, se tuvo en cuenta parámetros monocíclicos de desarrollo de la enfermedad. En espigas, fue rara la obtención del nivel 5. Después de las inoculaciones realizadas por pulverización del inoculo, las lesiones de bruzone fueron observadas en espiguillas de trigo en tres y cuatro días después de la inoculación.

Conclusiones

Una adecuada evaluación de los síntomas es importante, tanto para el diagnóstico, como para una cuantificación de una determinada enfermedad. La estandarización del método de evaluación influye directamente en la caracterización de genotipos de trigo para bruzone.

La caracterización molecular de los mecanismos de resistencia de trigo contra *Magnaporthe oryzae* depende de una fina y precisa fenotipaje de la planta huésped en respuesta al patógeno. Las informaciones presentadas en este documento contribuirán para la identificación de los síntomas de bruzone en trigo.

La clave dicotómica propuesta para la evaluación de los síntomas de bruzone en trigo (sea en hojas de plantas jóvenes, en hojas bandera o en espigas), puede servir de guía práctica y como herramienta para un evaluador sin experiencia. Su uso tiene como objetivo promover la uniformidad de las evaluaciones a realizar.

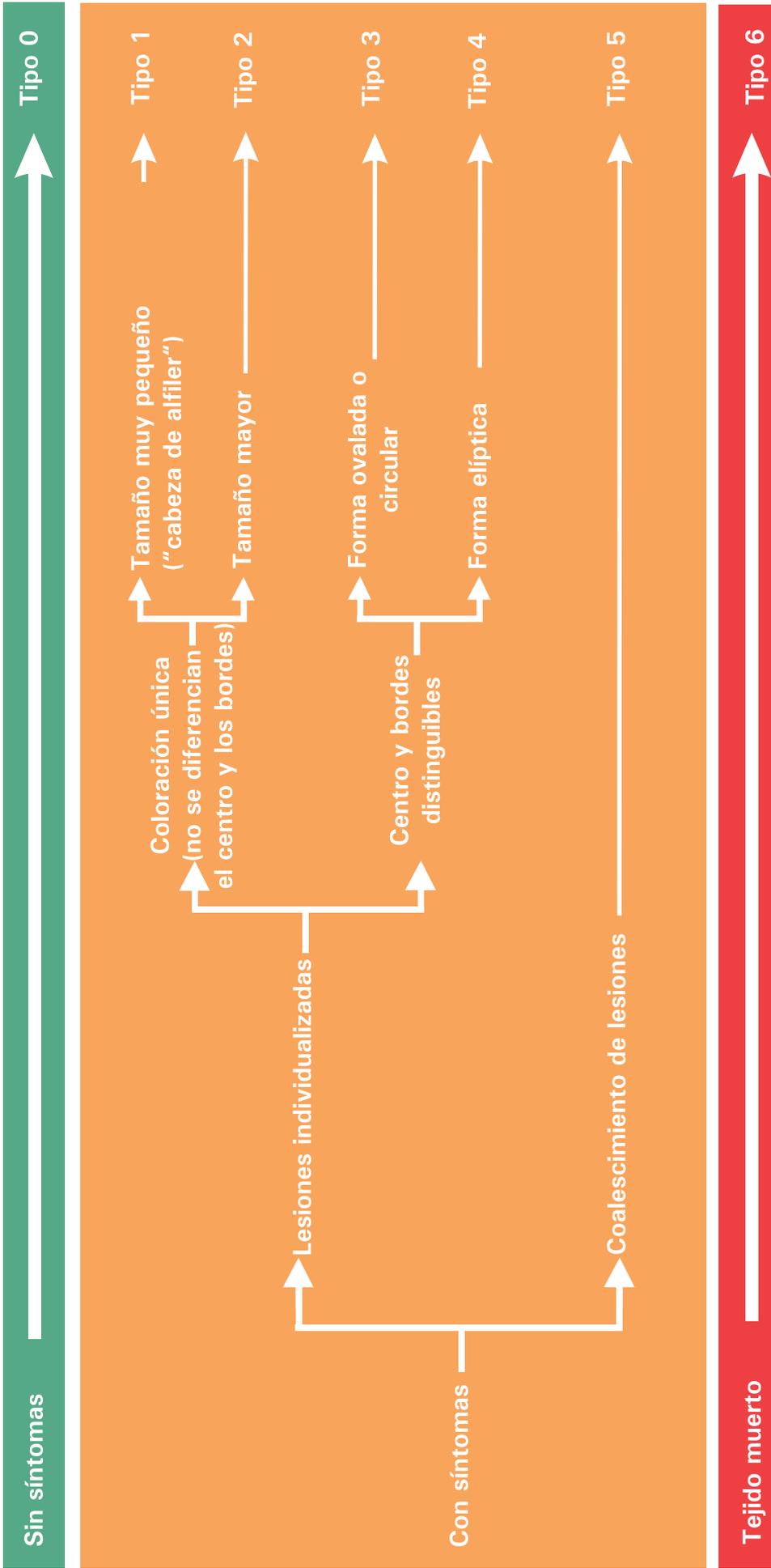


Ilustración: Gisele Abigail Montan Torres

Figura 1. Clave dicotómica para la evaluación de los síntomas de bruzone en hojas de plantas jóvenes, en hojas bandera y espiguillas de trigo.

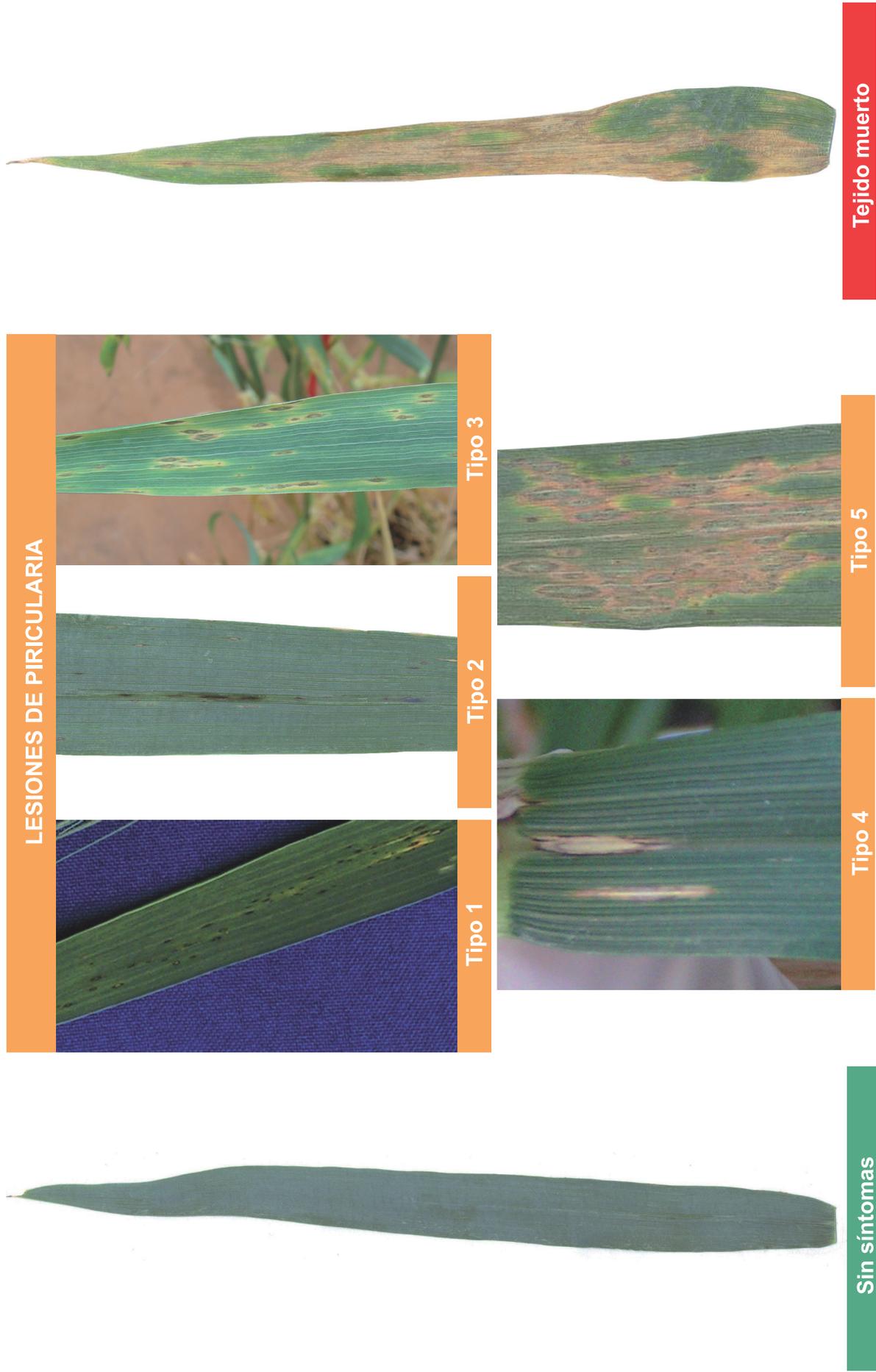
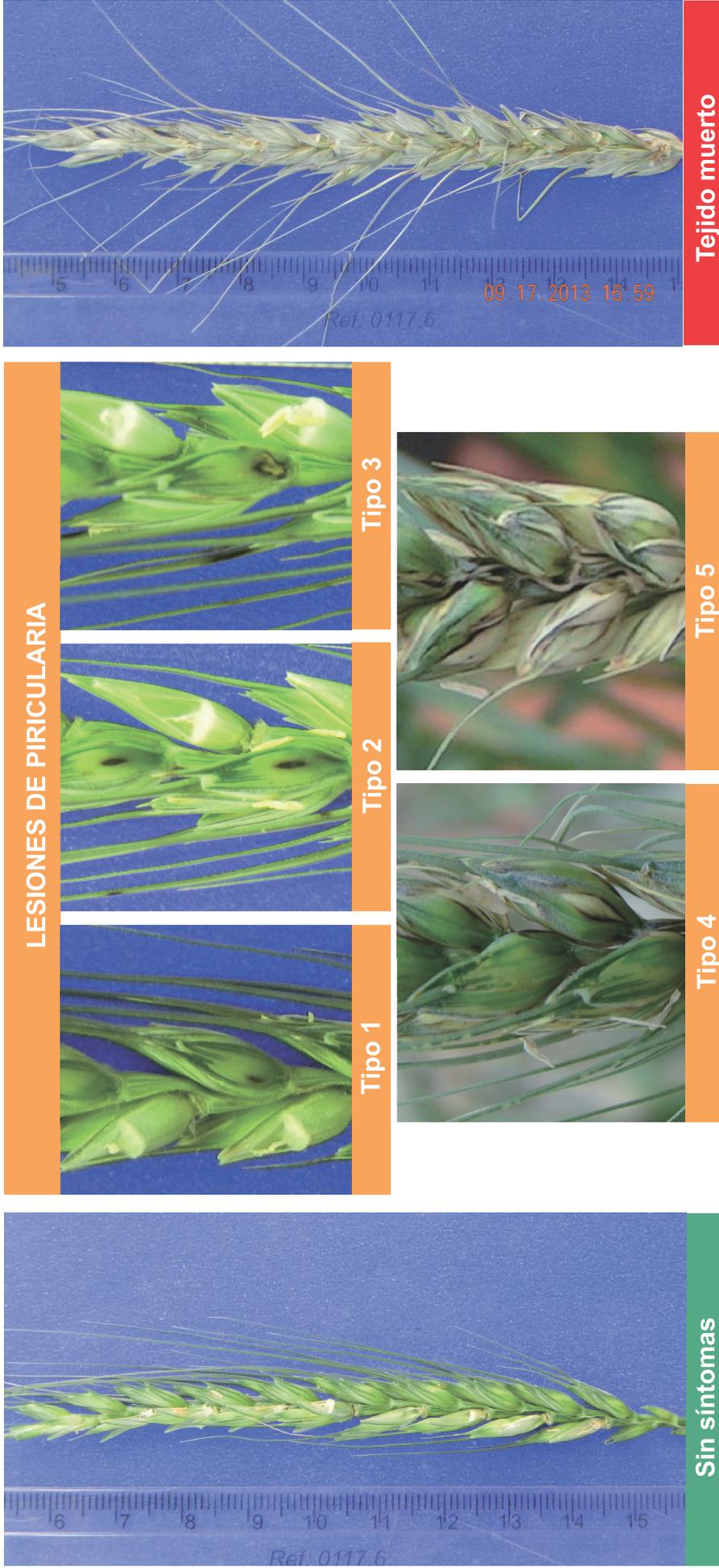


Figura 2. Tipos de lesiones de bruzone (0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6) evaluados en hojas bandera de trigo, a los siete días después de la inoculación con *Piricularia oryzae*.



Fotos: Gisele Abigail Montan Torres

Figura 3. Tipos de lesiones de bruzone (0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6) evaluados en espiguillas de trigo, a los siete días después de la inoculación con *Piricularia oryzae*.

En condiciones de ambiente controlado, sobre inoculación, la incidencia no fue capaz de diferenciar los genotipos de trigo en relación a la reacción a brusone, pues todas las muestras inoculadas presentaron síntomas.

Para una debida cuantificación de continuum de la severidad de brusone, manifestada por una colección de genotipos de trigo, la determinación de la severidad real es más exacta y más útil, si el objetivo del trabajo es desarrollar estudios de genética molecular. En este caso, por ser una actividad sumamente laboriosa, la obtención de imágenes que pueden ser analizadas en una computadora, para las hojas bandera, y el conteo de espiguillas infectadas en relación al total de espiguillas de cada espiga evaluada son métodos indicados para aumentar la exactitud de los experimentos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Embrapa (proyectos MP2 Wheat BGI: 02.08.01.006.00.05, y Wheat BGI2 02.11.08.004.00.04) y a CNPq (proc. 560550/2010-3) por los recursos financieros, y al Dr. Jorge Gonzáles Aguilera por la revisión del texto. H.H.S.G. y N.F.W. fueron agraciados con becas del CNPq de post doctorado y PIBIC-Programa de Iniciación Científica, respectivamente.

Bibliografía

AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, cap. 32, p. 647-671.

AMORIM, L.; SALGADO, C. L. Diagnose. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, cap.11, p. 224-232.

ANJOS, J. R. N. dos; SILVA, D. B. da; CHARCHAR, M. J. D.; RODRIGUES, G. C. Ocorrência de brusone (*Pyricularia grisea*) em trigo e centeio na região dos cerrados do Brasil Central.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 31, n. 1, p. 79-82, 1996.

ARRUDA, M. A.; BUENO, C. R. N. C.; ZAMPROGNO, K. C.; LAVORENTI, N. A.; URASHIMA, A. S. Reação do trigo à *Magnaporthe grisea* nos diferentes estádios de desenvolvimento. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. 121-126, 2005.

BEDENDO, I. P. Doenças do arroz (*Oryza sativa* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. v. 2, cap. 10, p. 85-104.

BONMAN, J. M. Durable resistance to rice blast disease - environmental influences. **Euphytica**, Wageningen, v. 63, n. 1/2, p. 115-123, 1992.

BONMAN, J. M., VERGEL DE DIOS, T. I., AND KHIN, M. M. Physiologic specialization of *Pyricularia oryzae* in the Philippines. **Plant Disease**, St. Paul, v. 70, n. 8, p. 767-769, 1986.

CARDOSO, C. A. de A.; REIS, E. M.; MOREIRA, E. N. Development of a warning system for wheat blast caused by *Pyricularia grisea*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 3, p. 216-221, 2008.

CRUZ, M. F. A.; PRESTES, A. M.; MACIEL, J. L. N.; SCHEEREN, P. L. Resistência parcial à brusone de genótipos de trigo comum e sintético nos estádios de planta jovem e de planta adulta. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 35, n. 1, p. 24-31, 2010.

FIJI. ImageJ. Disponível em: <<http://imagej.net/Welcome>>. Acesso em: 27 ago. 2015.

GOULART, A. C. P.; PAIVA, F. de A.; MESQUITA, A. N. de. Ocorrência da brusone (*Pyricularia oryzae*) do trigo (*Triticum aestivum*) em Mato Grosso do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, n. 1, p. 112-114, mar. 1990.

GOULART, A. C. P.; SOUSA, P. G.; URASHIMA, A. S. Danos em trigo causados pela infecção de *Pyricularia grisea*. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 33, n. 4, p. 358-363, 2007.

IGARASHI, S. Update on wheat blast (*Pyricularia oryzae*) in Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WHEAT FOR THE NONTRADITIONAL WARM AREAS, 3., 1990, Foz do Iguaçu, Brazil. **Proceedings...** México, DF: CIMMYT, 1991. p.480-483.

- IGARASHI, S.; UTIAMADA, C. M.; IGARASHI, L. C.; KAZUMA, A. H.; LOPES, R. S. *Pyricularia* em trigo. 1. Ocorrência de *Pyricularia* sp. no estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 11, n. 2, p. 351-352, 1986.
- KOHLI, M. M.; MEHTA, Y. R.; GUZMAN, E.; DE VIEDMA, L.; CUBILLA, L. E. *Pyricularia* Blast – a threat to wheat cultivation. **Czech Journal of Genetics and Plant-Breeding**, Praga, v. 47, S130-S134, 2011. Special issue.
- LIU, J.; WANG, X.; MITCHELL, T.; HU, Y.; LIU, X.; DAI, L.; WANG, G.-L. Recent progress and understanding of the molecular mechanisms of the rice-*Magnaporthe oryzae* interaction. **Molecular Plant Pathology**, London, v. 11, n. 3, p. 419-427, 2010.
- MACIEL, J. L. N.; DANELLI, A. L. D.; BORETTO, C.; FORCELINI, C. A. Escala diagramática para avaliação de brusone na espiga de trigo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 39, n. 3, p. 162-166, 2013.
- OU, S. H. Blast. In: OU, S. H. **Rice diseases**. Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1985. p. 109-201.
- PICININI, E. C.; FERNANDES, J. M. C. Ocorrência da brusone (*Pyricularia oryzae*) em lavouras comerciais de trigo (*Triticum aestivum*) no Estado do Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, n. 1, p. 83-84, mar. 1990.
- POSTMAN, J.; VOLK, G.; ALDWINCKLE, H. Standardized plant disease evaluations will enhance resistance gene discovery. **Hortscience**, Alexandria, v. 45, n. 9, p. 1317-1320, 2010.
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; CASTRO, N. Pathogenic variation among isolate of *Pyricularia oryzae* infecting rice, wheat and grasses in Brazil. **Tropical Pest Management**, London, v. 38, n. 4, p. 367-371, 1992.
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Mecanismos de resistência e critérios de avaliação. In: PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. (Ed.). **Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 4, p. 165-232.
- PRESTES, A. M.; ARENDT, P. F.; FERNANDES, J. M.; SCHEEEREN, P. L. Resistance to *Magnaporthe grisea* among Brazilian wheat genotypes. In: BUCK, H. T.; NISI, J. E.; SALOMON, N. Wheat production in stressed environments. Dordrecht: Springer, 2007. p. 119-123. (Developments in Plant Breeding, 12). Proceedings of the 7th International Wheat Conference, held November 27 - December 2, 2005, in Mar Del Plata, Argentina.
- STANDARD Evaluation system for rice. 3. ed. Los Baños: International Rice Research Institute, 1988. 54 p.
- TAKABAYASHI, N.; TOSA, Y.; OH, H. S.; MAYAMA, S. A gene-for-gene relationship underlying the species-specific parasitism of *Avena/Triticum* isolates of *Magnaporthe grisea* on wheat cultivars. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, n. 11, p. 1182-1188, 2002.
- URASHIMA, A. S.; IGARASHI, S.; KATO, H. Host range, mating type, and fertility of *Pyricularia grisea* from wheat in Brazil. **Plant Disease**, St. Paul, v. 77, n. 12, p. 1211-1216, Dec. 1993.
- VALENT, B.; FARRALL, L.; CHUMLEY, F. G. *Magnaporthe grisea* Genes for Pathogenicity and Virulence Through a Series of Backcrosses. **Genetics**, Austin, v. 127, n. 1, p. 87-101, 1991.
- ZHAN, S. W.; MAYAMA, S.; TOSA, Y. Identification of two genes for resistance to *Triticum* isolates of *Magnaporthe oryzae* in wheat. **Genome**, Ottawa, v. 51, n. 3, p. 216-221, 2008.

Comunicado Técnico, 355

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Trigo
Endereço: Rodovia BR 285, km 294
Caixa Postal, 3081
99050-970 Passo Fundo, RS
Fone: 54 3316-5800
Fax: 54 3316-5802
<https://www.embrapa.br/fale-conosco>

1ª Edição
Versão on-line (2016)

Comitê de Publicações

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi

Vice-presidente: Leila Maria Costamilan

Membros:

Anderson Santi, Genei Antonio Dalmago, Paulo Roberto Valle da Silva Pereira, Sandra Maria Mansur Scagliusi, Tammy Aparecida Manabe Kiihl, Vladirene Macedo Vieira

Tratamento das ilustrações: Fátima Maria De Marchi

Editoração Eletrônica: Fátima Maria De Marchi

Normalização bibliográfica: Maria Regina Martins

Expediente

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

