Efecto de la roya de la hoja (*Puccinia triticina*) sobre el rendimiento y la calidad de trigo (*Triticum aestivum* L.) en cultivares de diferente grupo de calidad

M.C. Fleitas* [1,2]; M. Schierenbeck[1,2]; M.R. Simón[1]

[1] Cerealicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Calle 60 y 119, CC 31 La Plata, Argentina. [2]CONICET-CCT La Plata, Argentina.

*Autor de correspondencia: mcfleitas@agro.unlp.edu.ar

Palabras clave: trigo pan, roya de la hoja, fungicidas, calidad

La roya de la hoja del trigo (*Triticum aestivum* L.) ocasionada por el patógeno biotrófico *Puccinia triticina* Eriks es una enfermedad que genera disminuciones en el área foliar fotosintéticamente activa del cultivo, aumenta la tasa de transpiración por ruptura de la epidermis y reduce la translocación de asimilados dentro de la planta (McNew, 1960). Debido a que la removilización de nitrógeno (N) se incrementa durante los últimos estadios del periodo de llenado de grano, la presencia de dicha enfermedad puede afectar la concentración de proteínas en el grano. Si bien *P. triticina* puede afectar tanto la removilización y acumulación de N como de hidratos de carbono, generalmente el nitrógeno es el más afectado (Dimmock y Gooding, 2002). El porcentaje de proteína en grano es el principal determinante de calidad del trigo, por lo tanto, efectos de concentración y dilución en el contenido de las mismas podrían afectar las variables de calidad comercial e industrial. La información disponible sobre el efecto de las enfermedades sobre la proteína discrepa en sus resultados y son en general con infecciones naturales de enfermedades y no hay información sobre el efecto de las mismas inoculadas separadamente en el porcentaje de proteína del grano de trigo. Existen muchos trabajos que avalan el hecho de que infecciones ocasionadas por patógenos biotróficos como *Puccinia* ssp. y *Erysiphe* ssp. pueden ser más perjudiciales para la acumulación de N en el grano que la de carbohidratos (Caldwell, 1934; Petturson y Newton, 1939; Greaney, 1941; Park *et al*., 1988; Herrman, 1996; Simón *et al.,* 2012). El contenido de proteínas en grano se ve frecuentemente reducido con infecciones ocasionadas por las royas y por lo tanto incrementado cuando las mismas son controladas. Los fungicidas son un importante insumo como herramienta de control de enfermedades foliares para la producción de trigos invernales en aéreas templadas, debido a que éstas regiones combinan cultivares de alto rendimiento potencial con altas presiones de infección, ambas derivadas de temperaturas moderadas y adecuados niveles de humedad para el progreso de la enfermedad (Gooding, 2006). Si bien el uso de químicos en el manejo de enfermedades es una práctica relativamente antigua, ésta es todavía importante para asegurar el incremento de la producción de alimento a lo largo del mundo, ya que los rendimientos se incrementan al producir un control en las enfermedades que atacan a las plantas (Wang *et al.,* 2004). Los fungicidas han sido asociados con incrementos de rendimiento debido al mantenimiento de la fotosíntesis del cultivo durante el periodo de llenado del grano (Pepler *et al.,* 2005) y a que evitan el consumo de fotoasimilados por parte del patógeno. Las estrategias para proteger y retardar la senescencia del follaje, en especial la hoja bandera, son importantes para asegurar altos rendimientos y calidad. La longevidad de las hojas influye directamente en el rendimiento en grano pero se ve seriamente disminuida por estrés ambiental (Benbella y Paulsen, 1998). Se ha mencionado que el uso de fungicidas cuando la mancha de la hoja [*Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt, in Cohn, forma asexual *Septoria tritici*, Rob. ex Desm.] (hemibiótrofo) es el patógeno dominante, puede reducir la concentración proteica del grano ya que el patógeno la incrementa por producir un mayor efecto sobre los hidratos de carbono que sobre el N (Gooding *et al*., 1994; Puppala *et al*., 1998, Liaudat *et al.*,2011). Por otro lado, Simón *et al*. (2012) encontraron que ante la presencia de *P. triticina* (biotrófico) la proteína disminuyó mientras que la aplicación de fungicidas la hizo aumentar. Esto concuerda con los resultados encontrados por Herrman *et al.* (1996). Se han encontrado interaccio-

Recibido 06/08/14; Aceptado 04/10/14; Publicado en línea 03/11/14.
Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Tabla 1. ANAVA de ABCPE, rendimiento (Kg/ha), espigas.m^{-2}, granos.m^{-2}, peso de mil granos (PMG) y porcentaje de proteínas en grano (P%) de cultivares de trigo con diferentes concentraciones de *P. triticina* y de diferentes grupos de calidad (CI: Concentración de inóculo; Cu: Cultivar).

Fuente de variación	Gl	ABCPE	Rendimiento	Espigas.m^{-2}	Granos. espiga^{-1}	PMG	P%
CI	2	1200408***	16394217	14207	132.19	59.40**	0.69
Error A	4	18585	4340142	29199	75.05	1.76	7.00
Cu	9	157316***	2925854***	30472***	360.05***	68.69***	2.47*
CI x Cu	18	35566	334467	2920	6.650	6.41*	1.14
Error B	54	19954*	713582	7381	8.643	3.09	1.02
TOTAL	89						

*, **, ***, Significativo (*Test* F al nivel de *P*=0,05; 0,01 y 0,001; respectivamente.

nes entre el cultivar y el fungicida sobre la concentración de proteína en el grano. En un trigo pan, la concentración de proteína se incrementó con el control de *M. graminicola,* en tanto que en un trigo para galletitas no hubo efecto sobre la misma. Esto se debió a una mayor respuesta del rendimiento en el trigo pan cuando la enfermedad fue controlada, lo que implicó que el N se depositó en una mayor concentración que en el cultivar para galletitas (Dimmock y Gooding, 2002). Puppala *et al*. (1998) también indicaron un aumento en la concentración de proteínas con el control de la enfermedad en un cultivar con alto contenido de proteínas. Se esperaría que los cultivares de mejor calidad (Grupo 1) experimentaran diferentes respuestas en el contenido de proteínas en comparación con aquellos de menor calidad (Grupo 3). Teniendo en cuenta que es escasa la información sobre *P. triticina* sobre la calidad en trigo y que se desconoce en Argentina si los cultivares de mejor grupo de calidad frente a un determinado patógeno experimentan diferentes respuestas en el contenido de proteínas en comparación con aquellos de menor calidad, se plantearon los siguientes objetivos: Evaluar el efecto de *P. triticina* sobre el rendimiento, los componentes de rendimiento y el porcentaje de proteínas en grano. Determinar si las variaciones en el porcentaje de proteína en grano depende del genotipo del cultivar (Grupo de calidad). Se realizó un ensayo en 2012 con diseño de parcela dividida con tres repeticiones, siendo la parcela principal las diferentes concentraciones de inóculo: 1- sin inóculo, 2-baja concentración de inóculo (BCI: 0,2 mg esporas.planta^{-1}) y 3-alta concentración de inóculo (ACI: 0,5 mg esporas. planta^{-1}); y la sub-parcela 10 cultivares de trigo seleccionados en base a diferencias en tolerancia (INASE, 2012): Klein Yarará, ACA 315, Sursem LE 2330 de grupo de calidad 1 (GC1: variedades correctoras aptas para la panificación industrial); Baguette 11, Buck SY 100 de grupo de calidad 2 (GC2: variedades para panificación tradicional con más de 8 horas de fermentación) y Klein Guerrero, Baguette 17, Baguette 18, BioINTA 3004, ACA 303 de grupo de calidad 3 (GC3: variedades aptas para panificación directa con menos de 8 horas de fermentación). En el tratamiento sin inóculo se aplicó fungicida (Orquesta™ Ultra -compuesto por fluxapyroxad 50g/l, epoxiconazole 50 g/l y pyraclostrobin 81 g/l- a razón de 1,2 l.ha^{-1}, dosis recomendada por marbete) para disminuir la transferencia de inóculo de otros tratamientos y el inóculo natural. La preparación del suelo consistió en una labranza convencional, mediante disco, rastra y rolo. En las parcelas se realizó un barbecho químico con glifosato para control total de las malezas. En post-emergencia temprana se aplicaron 100cm^3 Misil® (dicamba 48% –metsulfuron metil 60%). La siembra se realizó el 12 de junio con una sembradora experimental a 20 cm entre líneas con una densidad de 250 pl/m^2. Las parcelas experimentales fueron de un largo de 5,50 m y un ancho de 1,40 m siendo la superficie de cada una 7,7 m^2. Entre las sub-parcelas se realizó la intersiembra de avena para disminuir el traspaso de inóculo entre parcelas y para evitar el "efecto bordura". Se aplicaron 100 kg N/ha en dos momentos bajo la formulación de urea granulada (46-0-0). La primera fertilización se realizó a la siembra y la segunda a fines de macollaje (EC24; Zadoks *et al*., 1974). La fertilización fosforada se realizó a la siembra mediante fosfato tricálcico granulado (0-46-0) a razón de 50 kg P/ha. Se evaluó la severidad de la enfermedad en tres estadios: hoja bandera desplegada (EC39) y floración (EC60) con observaciones sobre todas las hojas con superficie verde; la tercera evaluación fue realizada en estado de grano pastoso (EC82) en hoja bandera previo a la madurez fisiológica. Con las medias de severidad de las tres evaluaciones se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) según Shanner y Finney (1977). Se determinó el rendimiento, sus componentes y el porcentaje de proteínas en grano. Las variables se analizaron me-

diante un análisis de varianza (ANAVA) para parcelas divididas mediante el programa GenStat 12th Edition. Las medias se compararon mediante el test LSD (*P*=0,05). El ABCPE presentó diferencias significativas en los tratamientos principales y en la interacción Concentración de Inóculo x Cultivar (Tabla 1) indicando que los niveles de ABCPE depende del cultivar. El tratamiento sin inóculo presentó en promedio un menor ABCPE (19,88%) que causó un aumento en el rendimiento (36,40%), el cual se debió más al mayor número de granos.m^{-2} (12,46%) que a las espigas.m^{-2} (7,12%) y que al peso de mil granos (7,70%). El tratamiento inoculado con ACI presentó los menores valores de porcentaje de proteínas en grano (2,73%) comparando con el tratamiento sin inóculo. Asimismo, la regresión entre la variación del porcentaje de proteínas en grano y los grupos de calidad (Figura 1) fue significativamente positiva (R^2=0,404; *P*=0,048) indicando que los grupos de inferior calidad disminuyeron más el porcentaje de proteínas por efecto del patógeno.

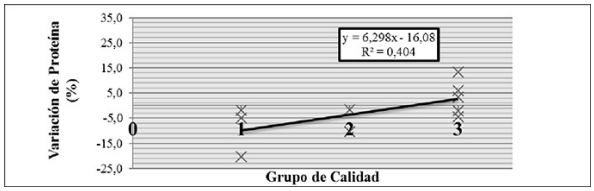

Figura 1. Regresión lineal entre grupos de calidad y el porcentaje de variación de proteína en los cultivares inoculados con *P. triticina.*

El control de la enfermedad generó aumentos en los valores de proteína comparado con la baja y alta concentración de inóculo. Si bien esas diferencias no fueron significativas, se observó una leve tendencia a disminuir el porcentaje de proteínas en grano en los tratamientos inoculados. Esto se podría deber a que el patógeno afecta tanto la remobilización y acumulación de N como la acumulación y remobilización de carbohidratos. Por lo tanto, por un lado hay menos N que llega a los granos pero también menor cantidad de materia seca, de manera que el efecto de la dilución de la proteína no fue tan marcado. Por otro lado, los grupos de inferior calidad (Grupo 3) disminuyeron más el porcentaje de proteínas en grano por efecto del patógeno que los cultivares de mejor calidad (Grupo 1). Esto concuerda con lo reportado por Dimmock y Gooding (2002) quienes mencionan que cultivares específicamente mejorados para panificar (mejor calidad) son capaces de mantener niveles adecuados de proteínas ante incrementos de rendimiento comparado con aquellos trigos mejorados para galletita o pastoreo (de menor calidad). Los resultados obtenidos permiten concluir que el tratamiento sin inóculo con fungicida presenta menores niveles de ABCPE y de rendimiento en grano. Por otro lado, el porcentaje de proteína en grano tiende a ser disminuido ante la presencia de un patógeno biotrófico como *P. triticina.* Finalmente, la variación del porcentaje de proteína en grano en cultivares afectados por *P. triticina* depende de los grupos de calidad..

Referencias bibliográficas

Benbella M., Paulsen G. (1998). Efficacy of treatments for delaying senescence of wheat leaves: II. Senescence and Grain Yield under Field Conditions. Agronomy Journal, 90: 332-338.

Caldwell R.M., Kraybill H.R., Sullivan J.T., Compton L.E. (1934). Effect of leaf rust (*Puccinia triticina*) on yield, physical characters and composition of winter wheats. Journal of Agricultural Research, 12: 1049-1071.

Dimmock J.P.R.E., Gooding M.J. (2002). The influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: a review. Journal of Agricultural Science Cambridge 138: 349-366.

Gooding M.S., Smith S.P., Davies W.P., Kettlevell P.S.(1994). Effects of late-season applications of propiconazole and tridemorph on disease, senescence, grain development and the breadmaking quality of Winter. Crop Protection, 13: 362-370.

Gooding, M.J. (2006). the effect of fungicides on the grain yield and quality of wheat. actas del congreso "a todo trigo" 18 y 19 de mayo de 2006, mar del plata, argentina. pp. 45-52.

Greaney F.J., Woodward J.C., Whiteside A.G.O. (1941). The Effect of stem rust on the yield, quality, chemical composition, and milling and baking properties of Marquis wheat. Scientific Agriculture, 22: 40-60.

Herrman T.J., Bowden R.L., Loughin T., Bequette R.K. (1996). Quality response to the control of leaf rust in Karl hard red winter wheat. Cereal Chemistry, 73: 235-238.

INASE: Instituto Nacional de Semillas (2012). Calidad industrial de variedades de trigo pan. Categorización realizada por el Comité de Cereales de Invierno de la Comisión Nacional de Semillas. Disponible en: http://www.marcosjuarez.com/Admin/Archivos/File/2010/TRIGO.pdf Último acceso: Octubre de 2012.

Liaudat J.P. (2011) Influencia de la mancha de la hoja sobre componentes de rendimiento y concentración de proteínas en tres partes de la espiga de trigo con diferentes dosis de fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. La Plata, Argentina. 59 pp.

McNew G. (1960). The nature, origin and evolution of parasitism. En: Plant Pathology: An Advanced Treatise. Horsfall J.G., Dimond A.E., Madison, W.I. (Eds.). University Wisconsin Press. 2: 19-69

Park R.F., Rees R.G., Platz G.J. (1988). Some effects of stripe rust infection in wheats with adult plant resistance. Australian Journal of Agricultural Research, 39: 555-562.

Pepler S., Gooding M.J., Ford K.E., Ellis R.H., Jones S.A. (2005). A temporal limit to the association between flag leaf life extension by fungicides and wheat yields. European Journal of Agronomy, 22: 363-373.

Petturson B., Newton M. (1939). The effect of leaf rust on wheat quality. Canadian Journal of Research, 17: 380-387.

Puppala V., Herrman T.J., Bockus W.W., Loughin T.M. (1998). Quality response of twelve hard red winter wheat cultivars to foliar disease across four locations in central Kansas. Cereal Chemistry, 75: 94-99.

Shanner G., Finney R.E. (1977). The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. Phytopathology, 72: 154-158.

Simón M.R., Fleitas M.C., Angeletti P. (2012). Efecto del control y residualidad de fungicidas con diferentes mezclas de triazoles y estrobilurinas sobre la roya de la hoja de trigo. Jornadas Fitosanitarias Argentinas 2012, 3-5 de Octubre de 2012. Potrero de los Funes, San Luis, Argentina. pp. 329.

Wang, J., Pawelzik, E., Weinert, J., Zhao, Q., Wolf, G. (2004). Effect of fungicide treatment on the quality of wheat flour and breadmaking. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 7593-7600.

Zadoks J.C., Chang T.T., K onzak C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research, 14: 415-421.