

Efecto del ciclo a espigazón y variables ambientales sobre la expresión fenotípica de la resistencia a *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroet. en trigo (*Triticum aestivum* L.): importancia en la selección de fuentes de resistencia

G. S. Gerard^{1,2*}; J. P. Uranga^{1,3}; M. R. Simón¹

¹Cerealicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Calle 60 y 119. CP 1900. La Plata, Argentina; ²Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica; ³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

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

Palabras clave: resistencia genética, *Mycosphaerella graminicola*, variables ambientales, trigo

La mancha de la hoja o septoriosis causada por el hongo *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroether, teleomorfo de *Septoria tritici* Rob. ex Desm., es una de las enfermedades foliares de mayor importancia en muchas de las regiones del mundo donde se cultiva trigo (Eyal *et al.*, 1987), presentando mayores problemas aquellas regiones caracterizadas por altas temperaturas y lluvias durante su estación de crecimiento (Holmes y Cohloun, 1974). En Argentina es considerada una enfermedad endémica, siendo la de mayor importancia en las subregiones trigueras II sur y IV, presentando en el resto del área triguera niveles de importancia similares a los de la roya anaranjada y fusariosis de la espiga (Kraan y Nisi, 1993). Las pérdidas de rendimiento que ocasiona varían entre 17 y 54 % (Annone *et al.*, 1991; Simón *et al.*, 2002), dependiendo del estado fenológico en el que ocurre y del índice de infección alcanzado. La resistencia genética en combinación con prácticas culturales resulta la forma de manejo más adecuada, dado que no implica incrementos en los costos de producción ni contaminación del ambiente debido al uso de agroquímicos, con una relación costo-efectividad relativamente baja (Simón *et al.*, 2002). Hasta el presente solo se han identificado 18 genes de resistencia al patógeno y varios loci de caracteres cuantitativos (McIntosh *et al.*, 2013). Un factor que dificulta la identificación y selección de fuentes de resistencia es la posible asociación de la misma con el ciclo a espigazón y factores epidemiológicos o ambientales, existiendo algunos trabajos que reportan tales asociaciones (Arama *et al.*, 1999; Simón *et al.*, 2001). En estudios tendientes a la búsqueda de resistencia utilizando cultivares con diferencias fenológicas, es fundamental identificar y cuantificar el efecto del ciclo a espigazón y variables ambientales so-

bre la expresión final de la resistencia, para de esta manera poder diferenciar qué proporción se debe a la susceptibilidad propia de los genotipos y cuál a los demás factores. El objetivo del trabajo fue determinar el efecto del ciclo a espigazón y variables ambientales sobre la expresión fenotípica de la resistencia a *M. graminicola* y su magnitud, utilizando un conjunto de cultivares que difieren en ciclo a espigazón. Para ello se realizó un ensayo en dos ambientes, Estación Experimental Julio Hirschhorn (Los Hornos) y Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, a campo y en invernáculo respectivamente. Los ensayos se sembraron el 21 de julio de 2012, con un diseño de parcela dividida donde la parcela principal fue el ambiente, la subparcela los aislamientos del patógeno y sub-subparcela los cultivares. Se utilizaron 34 genotipos con diferencias en su ciclo a espigazón: 11 cultivares argentinos con moderada resistencia a campo, 22 líneas extranjeras portadoras de genes de resistencia al patógeno y un testigo susceptible. Para la inoculación se utilizaron siete aislamientos del patógeno caracterizados molecularmente (Castillo *et al.*, 2010) crecidos sobre medio agar-malta. La suspensión de conidios se ajustó a una concentración de 5×10^6 esporas/ml y se aplicó a razón de un litro de inóculo por cada 10 m² de ensayo en el estadio de macollaje (GS 23, Zadoks *et al.*, 1974) con una mochila de mano. Después de la inoculación se pulverizaron ambos ambientes con agua varias veces al día durante 3 días, de manera de alcanzar la humedad necesaria para el desarrollo del proceso de infección. Se estimó visualmente la severidad de la enfermedad (porcentaje de necrosis y cobertura picnidial) en la hoja bandera de siete plantas de cada cultivar, 28 a 30 días después de la aparición de dicha hoja. Además, se determinaron los

días a espigazón (50% de plantas espigadas). Para determinar la significancia estadística se realizó un análisis de varianza (ANVA) con los datos de severidad y ciclo a espigazón obtenido, además de una regresión lineal entre las variables dependientes porcentaje de necrosis y cobertura picnidial y la variable independiente días a espigazón. Por último se realizó un análisis de regresión múltiple aplicando el método “stepwise” incluyendo como variables independientes además del ciclo a espigazón, la temperatura media (°C), humedad relativa (HR%), radiación (Wat/m²) y precipitación (mm), de los últimos 10, 20 y 30 días antes de la evaluación (TM₁₀, TM₂₀, TM₃₀, HR₁₀, HR₂₀, HR₃₀, R₁₀, R₂₀, R₃₀, P₁₀, P₂₀, P₃₀), con el fin de analizar la influencia de las mismas sobre la expresión de la enfermedad en cultivares con diferencias de ciclo. El ANVA mostró diferencias estadísticamente

significativas (P<0,001) tanto para porcentaje de necrosis (12,06 a 87,23 %), cobertura picnidial (0,5 a 8,68 %), como para ciclo a espigazón (71 a 126 días) entre cultivares y entre ambientes. De los análisis de regresión solo el correspondiente a porcentaje de necrosis y ciclo a espigazón mostró una asociación positiva y significativa (P<0,001), siendo el 22% de la variación del porcentaje de necrosis explicado por el ciclo a espigazón. Como existió una asociación positiva entre ciclo a espigazón y porcentaje de necrosis, los datos fenotípicos de esta última fueron corregidos utilizando la fórmula propuesta por Simón *et al.*, 2004. Esto permitió cuantificar el efecto del ciclo sobre la expresión de la resistencia, observándose cambios estadísticamente significativos (P<0,001) en el comportamiento de los cultivares tanto en la magnitud como en el ranking de los mismos (Tabla

Tabla 1: Valores de Necrosis corregidos vs sin corregir para los cultivares utilizados. Entre paréntesis se indica la presencia de los genes de resistencia en los cultivares que los poseen.

Nº	Cultivar	Necrosis (%) sin Corregir	Necrosis (%) Corregida
1	Bulgaria 88 (Stb 1)	53,83 e	38,91 bc
2	Oasis (Stb 1)	75,34 g	81,35 f
3	Suvillan (Stb 1)	74,51 g	65,68 e
4	Veranopolis (Stb 2)	68,22 fg	79,99 f
5	Israel (Stb 3)	14,31 a	33,85 b
6	Tadinia (Stb 4)	20,17 ab	39,7 bc
7	Tadorna (Stb 4)	42,51 cd	21,01 a
8	Synthetic/N (Stb 5)	63,31 f	51,39 cd
9	Shafir (Stb 6)	47,4 de	66,42 ef
10	Estansuela Federal (Stb 7)	27,22 bc	41,89 bc
11	Synthetic W7984 (Stb 8)	31,45 bc	50,61 cd
12	Courtot (Stb 9)	75,02 g	72,36 ef
13	Tonic (Stb 9)	75,56 g	65,5 de
14	K K 4500 (Stb 10-12)	12,06 a	27,49 ab
15	TE 9111 (Stb 11)	34,43 c	49,86 cd
16	Salamoumi (Stb 13-14)	55,56 ef	52,53 cd
17	Arina (Stb 15)	87,03 h	74,96 f
19	Riband (Stb 15)	82,55 gh	70,57 ef
20	Synthetic M3(Stb 16-17)	33,29 bc	40,49 bc
21	Balance (Stb 18)	75,72 g	65,66 e
22	Apache	39,58 cd	39,39 bc
23	Nogal	50,01 de	56,56 d
24	Dominator	73,51 g	63,45 de
25	Klein Volcán	74,96 g	77,77 f
26	Klein Dragón	44,19 d	51,13 cd
27	Buck 75 Aniversarios S.A.	54,98 ef	61,52 de
28	SRM Nogal	26,28 bc	23,62 a
29	Buck AGP 127	69,98 fg	44,95 c
30	Buck SY 200	12,35 a	19,55 a
31	Buck SY 300	29,35 bc	36,56 bc
32	Lenox	64,21 f	38,88 bc
33	BioINTA 2004	24,24 b	22,05 a
34	BioINTA 3005	87,23 h	67,66 ef
35	Buck SY 110	28,54 bc	28,35 ab

1). Como se observa en la Tabla 1 al no corregir los porcentajes de necrosis por el efecto del ciclo cuando se realiza selección de genotipos resistentes, se estarían dejando de lado cultivares que en realidad presentan buenos niveles de resistencia genética a la enfermedad e incluyendo otros que no cumplen con tal condición. Las variables climáticas incluidas en el análisis de regresión múltiple considerando los últimos 30 días antes de la evaluación presentaron variaciones de acuerdo al ciclo de los cultivares: la temperatura media lo hizo de 16.7 a 22.22°C, la humedad de 82.6 a 88.16 %, la precipitación de 29.4 a 184.2 mm y por último la radiación de 3742 a 5631 W/m². El modelo de regresión múltiple aplicando el método “stepwise”, al incluir todas las variables climáticas además del ciclo a espigazón, determinó que el modelo que mejor explicó las variaciones en el porcentaje de necrosis de *M. graminicola* incluyó la temperatura media de los 20 días antes de la evaluación. % NECROSIS= - 163.31 + 10.73 TM₂₀ (P=0.00005) R²= 0.40. Esto último, sugiere que la asociación positiva y significativa encontrada entre porcentaje de necrosis y ciclo a espigazón se debe principalmente a la variable climática temperatura media 20 días antes de las evaluaciones. La cual se fue incrementando a lo largo de la estación de crecimiento y por lo tanto generó mejores condiciones predisponentes para el desarrollo de la enfermedad en cultivares de ciclo más largo. Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de identificar y cuantificar el efecto de caracteres morfofisiológicos como el ciclo del cultivo conjuntamente con variables de tipo ambiental en la determinación de los niveles fenotípicos finales de severidad a *M. graminicola*, para de esta forma corregir su efecto y hacer una valoración de los niveles de severidad de la enfermedad atribuible solo a la resistencia genética propiamente dicha.

Referencias bibliográficas

- Annone J., Calzolari A., Polidoro O., Conta H. (1991). Efecto de la mancha de la hoja causada por *Septoria tritici* sobre el rendimiento. INTA EEA Pergamino. Informe 122. 4 pp.
- Arama P.F., Parlevliet J.E., van Silfhout C.H. (1999). Heading date and resistance to *Septoria tritici* blotch in wheat not genetically associated. *Euphytica* 106:63–68.
- Castillo N., Cordo C.A., Simón M.R. (2010). Molecular variability among isolates of *Mycosphaerella graminicola*, the causal agent of *Septoria tritici* blotch in Argentina *Phytoparasitica* 38:379-389.
- Eyal Z., Scharen A.L., Prescott J.M., Van Ginkel M. (1987). The *Septoria* diseases of wheat: Concepts and methods of disease management. CIMMYT, Mexico D.F, p 47.
- Holmes S.J.I., Cohloun J. (1974). Infection of wheat by *Septoria nodorum* and *S. tritici* in relation to plant age, air temperature and relative humidity. *Transactions of the British Mycological Society* 63: 329–338.
- Kraan G., Nisi J.E. (1993). Septorios del trigo en la Republica Argentina. Situación del cultivo frente a la enfermedad. In: Gilchrist, L. (ed.) *Proceedings of the Septoria tritici Workshop*. 20-24 Sept., CIMMYT, Mexico City, DF, Mexico. pp. 1-8.
- Mcintosh R.A., Yamazaki Y., Dubcovsky J., Rogers J., Morris C., Appels R., Xia X.C. Catalogue of Gene Symbols for Wheat. 12th International Wheat Genetics Symposium 8-13 September 2013 Yokohama, Japan.
<http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/mac-gene/2013/GeneCatalogueIntroduction.pdf>.
- Simón M.R., Cordo C.A., Perelló A.E., Larrán S., Ayala F., Bayo D., Struik P.C. (2001). Associations between heading date or plant height and resistance to *Septoria tritici* blotch in the adult stage of wheat. p. 29-30. XVI Plant Breeding Congress, 9-14 September 2001, Eucarpia, Edinburgh, Scotland.
- Simón M.R., Perelló A.E., Cordo C.A., Struik P.C. (2002). Influence of *Septoria tritici* on yield, yield components, and test weight of wheat under two nitrogen fertilization conditions. *Crop Science*. 42:1974-1981.
- Simón M.R., Worland A.J., Struik P.C. (2004). Influence of plant height and heading date on the expression of the resistance to *septoria tritici* blotch in near isogenic lines of wheat. *Crop Science*. 44:2078-2085.
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 14:415–421.