

INCIDENCIA DE FUSARIOSIS DE LA ESPIGA EN CULTIVARES DE TRIGO PAN DURANTE 2012-13 EN MARCOS JUÁREZ (CÓRDOBA-ARGENTINA)

**ALBERIONE, E.¹; BAINOTTI, C.¹; DONAIRE, G.¹; FRASCHINA, J.¹;
SALINES, J.¹; SALINES, N.¹; GÓMEZ, D.¹; CHULZE, S.²; PALAZZINI, J.²;
MIR, L.¹; FORMICA, M. B.¹ & CUNIBERTI, M.¹**

RESUMEN

En 2012 se caracterizaron cultivares de trigo frente a ataques severos de Fusariosis de la espiga en Marcos Juárez en ensayos de RET y bajo infección artificial. Se determinó incidencia, severidad rendimiento de granos, peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH) , proporción de granos enfermos, contenido de deoxynivalenol (DON) y contenido de proteínas en granos, hallándose diferencias significativas ($p<0,05$). Se afectó el PH, PMG y rendimiento. Presentaron baja infección Lenox, LE 2330, ACA 356, Klein Zorro y Klein Tauro. El contenido de DON fue variable, no detectándose en Baguette 801Premium y SY200. Se observó inconsistente asociación entre infección y contenido de DON; fue baja en ACA 356 y LE 2330 y alta en ACA 906 y Klein León. La proteína no se vio afectada. La calidad industrial tuvo caídas en el W del alveograma. Los cultivares más destacados fueron Klein Zorro, Klein Tauro, Klein Proteo Cronox y SY200.

Palabras clave: Fusariosis, trigo, incidencia, DON, rendimiento.

ABSTRACT

Fhb impact in bread wheat cultivars during 2012-13 in Marcos Juarez (Cordoba Argentina).

In 2012 was characterized wheat cultivars against Fusarium head front FHB severes attacks in RET assays and under artificial infection conditions in Marcos Juárez. Was determined incidence, severity grain yield, thousand kernel weight (TKW), hectoliters weight (HW) damage kernels proportion deoxinivalenol content and protein content. In this variables was find significatives stadistic differences ($p<0,05$). The HW, TKW and grain yield was affected for the disease. Little infection

1.- EEA Inta Marcos Juárez. Email: alberione.enrique@inta.gob.ar

2.- Universidad Nacional de Río Cuarto

Manuscrito recibido el 27 de julio de 2015 y aceptado para su publicación el 5 de abril de 2016.

was observed in Lenox, LE 2330, ACA 356, Klein Zorro y Klein Tauro. The DON content was variable. In Baguette 801Premium y SY200 wasn't detected. Wasn't observed lineal relation between infection and DON content; was littel in ACA 356 and LE 2330 and was hight in ACA 906 and Klein León. The protein wasn't affected. The industrial quality falled in the W alveogram's. The cultivars most prominented was Klein Zorro, Klein Tauro, Klein Proteo, Cronox and SY200.
Key words: FHB, wheat, incidence, DON, yield.

INTRODUCCIÓN

La Fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum* Schawabe) es una enfermedad de importancia mundial en trigo (*Triticum aestivum* L.) (13). Lluvias frecuentes y alta humedad relativa ambiente, coincidentes con floración e inicio de llenado de granos, favorece la infección y el desarrollo de la enfermedad (11; 21; 29). En Argentina se registraron epifitias severas en los años 1967, 1977 y 1978 con pérdidas de rendimientos de 10 a 30% estimadas en Marcos Juárez (Córdoba) y Oliveros (Santa Fe) (24). En 1993 causó pérdidas de rendimiento de grano de 24 a 50% en sur de Santa Fe y sureste de Córdoba (24). En 2000 y 2001 se registraron ataques severos siendo importantes en Entre Ríos y centro-este de Santa Fe (24). Recientemente en 2012 bajo condiciones ambientales muy favorables a la enfermedad, se observaron niveles epidémicos muy severos en el cuadrante NE de la región pampeana con incidencias de 100% en el centro-oeste de Entre Ríos, centro de Santa Fe y NE de Buenos Aires (25). Bajo condiciones de infección artificial es razonable esperar mayores niveles de infección y también mayores contenidos de micotoxinas en granos (15). Entre sus efectos directos se cuenta la reducción del rendimiento en granos con una marcada des-

mejora de la calidad comercial e industrial, dadas por la reducción del peso hectolítrico (kg/hl) y la contaminación con micotoxinas en granos y sus subproductos. La micotoxina más común es el deoxynivalenol (DON) aunque existen otros metabolitos (13; 14). En general se observa alta correlación entre el porcentaje de granos enfermos y la acumulación de DON (19). Por otra parte existe relación directa entre la severidad y el contenido de DON; a baja severidad menor contenido de DON (6). Las diferencias genotípicas de resistencia se manifiestan por niveles variables de la enfermedad en la espiga (19; 33), por la magnitud de la infección a nivel de granos (6) y por el contenido de DON (14). Finalmente todo esto incide sobre el rendimiento de granos (1; 14) pudiendo verse directamente afectada también la comercialización, procesamiento industrial y la sanidad de los alimentos (1; 7; 8; 17; 32). La presencia de este patógeno y sus metabolitos afectan la calidad comercial y panadera (7; 8; 26 y 32). Se ve así finalmente afectada las propiedades de panificación por una menor calidad de las proteínas y menor fuerza de gluten (1; 7; 8). Con el objetivo de caracterizar el comportamiento de cultivares de trigo pan frente a Fusariosis de la espiga del trigo (FET) se realizaron evaluaciones sobre cuatro ensayos de la Red Nacional de Evaluación

de Cultivares de Trigo (RET) con infección natural y en ensayo bajo malla de protección con infección artificial, conducidos en la EEA Marcos Juárez durante la campaña 2012/13.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos de RET se sembraron con diseño experimental Alfa lattice con 3 repeticiones en tres fechas de siembra participando cultivares de ciclo largo, intermedio y corto. La unidad experimental fue micro-parcelas de 5 m² de superficie final a cosecha. En otro ensayo conducido en condición de campo bajo malla de protección con infección artificial y generación de humedad por riego, se evaluó la resistencia genética de los cultivares frente a FET. Su diseño experimental fue bloques completos aleatorios con tres repeticiones, sembrando cada variedad en hileras de siembra (0,40 m de largo) siendo esta la unidad experimental. El inóculo se elaboró siguiendo el protocolo propuesto en la EEA INTA Marcos Juárez (12). La inoculación consistió del asperjado de solución de macro-conidios a una concentración cercana a 3x10⁵ conidios por mililitro, al momento de anéxsis inicial en cada variedad. Se realizó una segunda inoculación transcurridos tres días desde la primera, para asegurar la infección y la colonización de las espigas que se aseguró con provisión de humedad por equipo automático de riego por aspersión, con funcionamiento en ciclos de 5mín/25mín de encendido/apagado, durante 6 horas/día iniciada la inoculación, por espacio de 10 días.

Evaluaciones sanitarias

Sobre ensayos de RET se evaluó la enfermedad con escala de doble dígito 0-9 / 0-9 (CIMMYT) (18), donde 0 es libre de enfermedad y 9 hasta 90% de incidencia y/o severidad. Se determinó el índice de fusarium (iF) como Incidencia x Severidad / 100) (18; 27). Bajo condiciones de infección artificial la evaluación consistió de la observación en cada variedad y por repetición de 20 espigas, determinando incidencia (número de espigas enfermas/20 espigas totales x 100) y sobre 6 espigas enfermas la severidad (número de espiguillas enfermas/número total de espiguillas por espiga x 100) (5).

Determinaciones de variables de producción, sanitarias y de calidad comercial

Se determinó rendimiento de grano por pesado de las muestras de cada parcela en balanza electrónica y se ajustó a unidad de kg/ha y peso de mil granos (PMG) empleando contador electrónico de granos The Oil mill Company y balanza Mettler K5 (AACC 2001; IRAM 2004). En sub-muestras de granos se determinó proporción de granos enfermos (%) mediante observación visual y contenido de Deoxinivalenol (DON) en granos, siguiendo protocolo de www.r-biopharm.com (34), empleando acetónitrilo 84% sobre muestras de 25 g. de trigo molido, filtrado en columnas T200 Trilogy de R-biopharm y cuantificado a través de HPLC. Se determinó peso hectolítrico (PH) y contenido de proteínas en grano (%) con empleo de equipo Infratec 1241 de transmitancia en el infrarojo cercano (NIT).

Análisis estadísticos

Sobre las variables PMG, PH, proporción de granos enfermos (PGE) y contenido de DON se realizó ANAVA y test de comparaciones de medias (Test de Fisher) empleando programa estadístico Infostat (2008) (10).

RESULTADOS Y DISCUSION

En 2012 en Marcos Juárez se registraron temperaturas medias mensuales superiores a los valores medios históricos en abril, mayo, junio, agosto, septiembre, octubre y noviembre. También fueron superiores los registros pluviométricos de agosto, septiembre y octubre (77,6, 96,7 y 151,2 milímetros por encima de la media respectivamente). Esto favoreció el desarrollo de FET, dando reiterados procesos infectivos y de colonización de los tejidos de las espigas. El registro en escala de doble dígito permitió caracterizar el comportamiento genético al tipo de resistencia I - infección inicial en la espiga y tipo II - diseminación en la espiga (3; 30). Se analizó también la infección en granos determinándose proporción de granos enfermos (%) y por HPLC se determinó el contenido de DON. En el análisis de los resultados se consideraron los restantes tipos de resistencia conocidos: habilidad para degradar DON (tipo III) (21), tolerancia a altas concentraciones de micotoxinas (tipo IV) (35), resistencia a la infección de los granos (Tipo V) y tolerancia en el rendimiento de granos VI (20). Se obtuvo también para la mayoría de los cultivares, registros de resistencia bajo inoculación artificial (2). Se observaron diferencias en el comportamiento de los cultivares frente a la enfermedad medido en

términos de incidencia y severidad, integradas en el Índice de Fusarium (iF) (24) en ensayos bajo infección natural (Cuadro 1 apéndice) y bajo infección artificial (Cuadro 2 apéndice). Bajo infección natural se destacaron por menores valores de iF, Baguette 801 Premium, Lenox y LE 2330 (iF 0,03), B. Mangrullo, ACA 356 y Baguette Premium 11 (iF 0,5), Klein Proteo, LE 2333 y Ciprés (iF 1) y BIOINTA 2005 y Cronox (iF 2). Los mayores iF se observaron en BIOINTA 1005 (iF 72), ACA 903B (iF 48) y BIOINTA 1007 y ACA 906 (iF 40). Bajo infección artificial se registraron mayores niveles de infección, destacándose por menor iF, Klein Tauro, Klein Zorro, Lenox y ACA 903B (valores menores a 20). Se observó mayor resistencia (infección artificial) en Lenox, LE 2330, ACA 356, Klein Zorro y Klein Tauro. Por su parte Baguette 801 Premium, BIOINTA 2005, Ciprés y BIOINTA 3005, con buen comportamiento bajo infección natural, vieron incrementada su severidad -de 30 a 50%.- bajo inoculación artificial. Contrariamente BIOINTA 1006 y BIOINTA 1005, con severidad alta en infección natural, registraron baja severidad en infección artificial. No obstante el iF en BIOINTA 1005 resultó el mayor de todos los cultivares evaluados en ambos ensayos (Cuadro 1 y Cuadro 2 apéndice). Los resultados observados en variantes de infección a nivel varietal son similares a los observados en otros trabajos anteriores evaluando trigo y también cebada (33). Hernández Nopsa (14) trabajando con cultivares americanos halló diferencias en las variables patométricas, número de granos enfermos, concentración de DON y en rendimiento de granos. Por su parte Ji et al. (16) caracterizaron la resistencia genética de líneas de trigo en función de la proporción de espiguillas enfermas

Incidencia de fusariosis de la espiga en cultivares

por espiga, en resistentes (0 hasta 25%), moderadamente resistentes (25,1-50%), moderadamente susceptibles (50,1-75%) y susceptibles (superior a 75%). Empleando igual criterio, los registros sanitarios obtenidos en ensayo bajo infección natural en el presente trabajo, indicaron que el 4% (1 cultivar) resultó susceptible, 16% (4 cultivares) moderadamente susceptibles, 36% (9 cultivares) moderadamente resistentes y 44% resistentes (11 cultivares). En China también durante 2012, evaluando variedades de origen sueco, se hallaron diferencias en severidad frente a la enfermedad. Sumai 3 y un grupo reducido de cultivares mostraron alta resistencia (severidad < a 25%) en tanto que otro grupo registró alta severidad (hasta 90%). El resto de las variedades exhibieron niveles intermedios (16). En coincidencia con estas observaciones, los resultados en el presente trabajo mostraron diferencias en resistencia genética en las variedades evaluadas, con predominio de resistencia y moderada resistencia. Se observó baja infección en Baguette 801 Premium, Lenox y LE 2330 (severidad < 10%) y Klein Proteo, Cronox, Baguette Premium 11, BIOINTA 2005, Ciprés, Buck Mangrullo, LE 2333 y ACA 356 (severidad hasta 10%) (Cuadro 1 apéndice). En ensayo bajo infección artificial se hallaron diferencias significativas (p<0,05) en se-

Cuadro 1: Incidencia y severidad, proporción de granos enfermos y contenido de DON en infección natural en cultivares de ciclo largo-intermedio y ciclo corto.

Cultivar	Ensayo RET	Incidencia / Severidad ¹	iF ²	Granos enfermos (%)	Contenido de DON (ppm)			
					media	min	máx	Desv.Est.
BAGUETTE 801 PREMIUM	I	0,05.0,05	0,03	28,5 a	nd a	.	.	.
SY 200	I	2.2	4	5,6 fgh	nd a	.	.	.
KLEIN PROTEO	III	1.1	1	2,5 h	1,41 ab	0,98	1,87	0,45
BIOINTA 1004	III	4.2	8	22,5 ab	1,49 ab	1,12	1,89	0,39
KLEIN TAURO	III	2.2	4	2,5 h	1,12 ab	1,03	1,26	0,12
BIOINTA 1006	III	6.6	3,6	15,3 bcde	2,10 abc	1,70	2,58	0,44
CRONOX	III	2.1	2	7 efgh	2,23 abcd	2,09	2,41	0,16
BAGUETTE PREMIUM 11	I	0,05.1	0,5	8 efgh	2,94 abcde	2,61	3,47	0,46
KLEIN ZORRO	III	2.2	4	2 h	2,44 abcde	1,84	2,81	0,52
KLEIN LEON	III	8.3	24	12,5 cdefg	2,80 abcde	1,51	4,07	1,28
ACA 906	III	8.5	40	12 defg	2,74 bcde	2,05	3,54	0,75
BIOINTA 1002	III	5.3	15	.	3,16 abcdef	1,70	4,66	1,48
BIOINTA 2005	III	2.1	2	10,3 efgh	2,96 abcdefg	2,75	3,20	0,23
CIPRES	I	1.1	1	.	3,22 abcdefgh	3,00	3,60	0,33
BUCK MANGRULLO	I	0,05.1	0,5	5,3 gh	3,71 bcdefgh	3,53	3,80	0,16
LENOX	I	0,05.0,05	0,03	21 abcd	4,42 bcdefgh	1,74	6,05	2,34
LE 2333	III	1.1	1	11,5 defgh	5,70 cdefgh	5,19	6,05	0,46
BIOINTA 1005	III	9.8	72	21,3 abc	6,14 cdefgh	4,33	8,05	1,86
BIOINTA 2004	II	8.3	24	10,3 efgh	7,33 efgh	5,72	9,43	1,90
LE 2330	I	0,05.0,05	0,03	3,5 gh	6,77 defgh	4,93	8,51	1,79
BIOINTA 3006	I	2.2	4	9,3 efgh	7,11 efgh	6,12	8,77	1,44
ACA 903B	III	4.6	48	26 a	7,13 efgh	5,85	8,67	1,43
ACA 356	I	0,05.1	0,5	13,6 bcdef	9,04 fgh	7,52	10,96	1,75
BIOINTA 3005	I	6.2	12	13,6 bcdef	9,38 gh	8,27	10,43	1,08
BIOINTA 1007	III	8.5	40	22 ab	11,12 h	9,43	13,08	1,84
p- valor				<0,0001	<0,0001			

veridad. En ciclos largos difirieron Lenox, LE 2330 y ACA 356 (menor severidad) de BIOINTA 3005, Ciprés y Baguette 801 Premium (mayor severidad). En ciclos cortos, Klein Zorro (menor severidad) difirió de ACA 903B, BIOINTA 1006, Klein León y Klein Tauro (severidad intermedia) y de BIOINTA 1005 y ACA 906 (mayor severidad) (tabla 2 apéndice). Chrpová *et al.* (6) clasificaron a las variedades por resistencia a la acumulación de micotoxinas y tolerancia a la enfermedad. Concluyeron que severidades bajas usualmente coinciden con bajo contenido de DON a causa del menor número de granos infectados. En tabla 1 del apéndice se muestran la proporción de granos enfermos y contenido de DON.

Detección de micotoxinas (DON)

El análisis de micotoxinas en granos indicó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). Sobre Baguette 801 Premium y SY 200 no se detectó DON. No difirieron estadísticamente de estos, Klein Proteo, BIOINTA 1004, Klein Tauro y BIOINTA 1006 (1,5 ppm promedio) y Cronox, Baguette Premium 11, Klein Zorro, Klein León, ACA 906, BIOINTA 1002, BIOINTA 2005 y ACA Ciprés (2,8 ppm promedio). Contrariamente el mayor valor se detectó en BIOINTA 1007 (11,13 ppm). Las mayores diferencias se observaron entre los cultivares sin detección de micotoxina y el grupo integrado por Buck Mangrullo, Lenox, LE 2333, BIOINTA 1005, LE 2330, BIOINTA 2004, BIOINTA 3006, ACA 903B, ACA 356, BIOINTA 3005 y BIOIN-

Cuadro 2: Incidencia y severidad en condiciones de campo bajo infección artificial en cultivares de ciclo largo, ciclo intermedio y ciclo corto.

Ciclo de crecimiento	Cultivar	% Incidencia	% Severidad	iF
Largos	LENOX	88,3	21,5	19
	LE 2330	98,3	23,4	23
	ACA 356	100	25,8	25,8
	BAGUETTE 801 PREMIUM	89,5	33,3	29,8
	BIOINTA 3006	96,7	33,6	32,4
	CIPRES	100	39,6	39,6
	BIOINTA 3005	100	50,9	50,9
Intermedios	BIOINTA 2005	95,4	31	29,5
	BIOINTA 2004	95	35,8	34
Cortos	KLEIN TAURO	67,5	26,5	17,8
	KLEIN ZORRO	77,5	23,7	18,3
	ACA 903 B	74,2	27,1	20
	BIOINTA 1006	94,8	30,1	28,5
	KLEIN LEON	85,5	44,2	37,7
	ACA 906	97,5	51,3	50
	BIOINTA 1005	96,2	53,2	51,1

Incidencia de fusariosis de la espiga en cultivares

TA 1007 (valor promedio 7,08 ppm). Otra diferencia se observó entre los rangos de hasta 2,10 ppm de DON (Klein Proteo, BIOINTA 1004, Klein Tauro y BIOINTA 1006) y contenidos superiores a 6 ppm (LE 2330, BIOINTA 2004, BIOINTA 3006, ACA 903B, ACA 356, BIOINTA 3005 y BIOINTA 1007). Se destacaron también diferencias a nivel de repeticiones sobre algunos cultivares. Mayor desvío standard se observó sobre Lenox, BIOINTA 2004, BIOINTA 1005, BIOINTA 1007, LE 2330 y ACA 356. Contrariamente menores diferencias se observó en Klein Tauro, Cronox y Buck Mangrullo. Este dato reflejó la importancia que tuvo en estas determinacio-

Cuadro 3: Rendimiento de grano, PMG, PH y proteína en grano.

Ciclo de crecimiento	Cultivares	Rendimiento (kg/ha)	PMG (g)	PH (kg/hl)	Proteína (%)	
Largo	BAGUETTE 801 PREMIUM	2739	28,30	65,1	13,35	
	BAGUETTE P 11	3290	35,50	71,7	12,75	
	CIPRES	3509	34,00	71,7	12,80	
	BUCK MANGRULLO	1453	35,37	69,3	14,67	
	BUCK MANGRULLO	1453	35,37	69,3	14,67	
	LENOX	3049	33,80	74,1	12,45	
	LE 2330	2097	25,80	69,2	13,80	
	BIOINTA 3006	2366	28,33	74,5	13,23	
	BIOINTA 3005	2776	34,67	68,8	13,27	
	ACA 356	1923	25,07	70,9	15,43	
	Intermedio	SY 200	3697	34,67	78,1	12,83
		BIOINTA 2005	2755	33,30	74,5	13,65
		BIOINTA 2004	3434	28,30	.	13,60
BIOINTA 1002		1833	23,00	70,0	13,60	
Corto	KLEIN PROTEO	2345	32,50	78,0	15,10	
	BIOINTA 1004	2004	28,20	71,2	13,80	
	KLEIN TAURO	2611	37,80	72,6	13,90	
	BIOINTA 1006	2316	29,27	69,4	13,03	
	CRONOX (CC)	2878	28,93	78,7	12,03	
	KLEIN ZORRO	2934	34,80	78,2	14,05	
	KLEIN LEON	2743	28,60	69,0	13,40	
	ACA 906	2480	34,00	71,6	13,87	
	LE 2333	2223	24,00	71,8	15,00	
	BIOINTA 1005	1818	32,57	67,8	13,07	
	ACA 903B	2083	28,00	68,9	13,75	
	BIOINTA 1007	1654	29,27	70,7	13,80	
		Promedio rendimiento de granos CL-I	2686	.	.	.
	Promedio rendimiento de granos CC	2388	.	.	.	

nes el número de repeticiones analizadas.

Los valores de DON observados en el presente estudio resultaron muy altos comparado con los niveles de tolerancias exigidas a nivel mundial. Sobre muestras de granos provenientes de ensayos a campo bajo infección natural durante el año 1995 en Marcos Juárez, se determinaron niveles de DON comprendidos entre 0,1 y 25 ppm, y en 1993 sobre muestras de molienda la detección de DON fue de 1,06 ppm (12). En Uruguay durante 1994-95 se determinó en líneas de trigo contenidos de DON de 0,08 a 2,23 ppm (28). En igual período, evaluaciones hechas en USA dieron cuenta de importantes pérdidas en producción de granos con detección de altas concentraciones de vomitoxinas que superaron el límite máximo de 2ppm. (20). Ittu *et al.*, (15) trabajando con variedades de trigos rumanos en 2006 bajo infección natural, detectaron contenidos de DON entre 0 y 1,72 ppm y bajo infección artificial la detección fue superior a 300 ppm. Los valores de DON revelan niveles de infección en granos y harinas a causa de este metabolito y para cuantificarlos es necesario compararlos con los límites de tolerancia fijados a nivel mundial. En Canadá se admite hasta 1 ppm de DON en alimentos para cerdos, ganado lechero y caballos y 5 ppm para ganado de carne, ovejas y aves de corral (31). En USA la tolerancia es de 1ppm para productos de trigo, 5ppm en granos y subproductos para ganado rumiante y pollos, 10 ppm para cerdos y 5 ppm para otros animales (14). En tanto que la UE fijó en 2007 1,25 ppm de DON en granos, 0,75 ppm en harina y 0,2-0,5 ppm en productos terminados (14) y en China se fijó un contenido máximo permitido de DON en cereales y sus subproductos de 1 mg/kg (16).

Relación entre nivel de infección y contenido de DON en granos

Los resultados en este trabajo revelaron pobre asociación entre incidencia y severidad y contenido de DON, que resultó similar a anteriores investigaciones en Argentina (12) y Uruguay (28). En China (16) trabajando con *Fusarium asiaticum* en infección natural informaron similares resultados. Ittu *et al.* (15) trabajando con inoculación artificial encontraron correlación positiva entre severidad y contenido de DON. Resultados similares fueron observados por otros investigadores (5; 11; 13) trabajando con cultivares de trigo e incluso trabajando con cebada. Distintas variantes en resistencia, según la relación infección/contenido de DON fueron reconocidos. Hernández Nopsa *et al.* (14) halló moderada resistencia a la infección y la acumulación de DON, resistencia a la infección y susceptibilidad a la acumulación de DON. En el presente trabajo se advirtió esto en ACA 356, LE 2330 y LE 2333. Por último Nopsa *et al.* (14) observaron susceptibilidad a la infección y a la acumulación de DON. Esta variante fue observada en el presente estudio en los cultivares ACA 906, Klein León, BIOINTA 1006, BIOINTA 1007, BIOINTA 1005, BIOINTA 1004, BIOINTA 1002, Klein Tauro y ACA 903B. En trabajo de Bottalico y Perrone (4) se afirma que la formación de toxinas es menor en genotipos más resistentes. Algunos de los factores que influyen en la relación infección/contenido de DON fueron atribuidos al momento de floración. Cultivares con floración anticipada mostraron menor contenido de DON comparadas con los de floración más tardía (6). Por su parte Ji *et al.*, (16) al no hallar correlación entre severidad a FET y

concentración de DON concluyeron que las concentraciones de DON resultaron decrecientes desde las glumas hacia los granos debido a varias barreras físicas que pueden potencialmente limitar el movimiento del hongo y consecuentemente el contenido de DON. Estas conclusiones explicarían porque pueden registrarse altas infecciones en espiga, no correspondiéndose con lo observado a nivel de granos.

Relación entre rendimiento de granos, peso de mil granos, proporción de granos enfermos y contenido de DON

En la tabla 3 del apéndice se presentan datos de rendimiento de granos, peso de mil granos, peso hectolítrico y proteína en grano. Efectos indeseables como el arrugado de los granos, provocan mermas en el rendimiento de grano y de la molienda (1). En este trabajo se observó, bajos registros de rendimiento de grano. En ciclos largos e intermedio el promedio fue 2899 kg/ha y en ciclos cortos fue 2733 kg/ha. En ambos casos existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) que pudieron explicarse con diferencias en el peso de mil granos. SY 200, ACA Ciprés, Baguette Premium 11, BIOINTA 2004 y Lenox y Klein Zorro, Cronox, Klein León y BIOINTA 2005 presentaron rendimientos de granos superiores o iguales a los valores promedios registrados en ambos ensayos (tabla 3 apéndice). Buck Mangrullo y ACA 356 presentaron bajo rendimiento pero no como consecuencia de la enfermedad. Por su parte BIOINTA 2004 registró elevados niveles de infección, proporción de granos enfermos y contenido de DON sin haber visto deprimido el rendimiento; incluso su registro

fue uno de los más altos. Chrprová *et al.* (6) analizaron las mismas variables y encontraron fuerte asociación entre el contenido de DON, la expresión de síntomas, peso de granos por espiga y proporción de granos enfermos, afirmando que este último puede ser considerado como potencial indicador del contenido de DON. En trabajo anterior Ma *et al.* (19) observaron alta correlación entre el porcentaje de granos enfermos y la acumulación de DON. Los resultados del presente estudio no resultaron así de categóricos. Fue observado en BIOINTA 1007, ACA 903B, Lenox, BIOINTA 1005 y LE 2333 alto contenido de DON y alta proporción de granos enfermos, en cambio Baguette 801 Premium, BIOINTA 1004, ACA 906 y BIOINTA 2005 presentaron alta proporción de granos enfermos, con bajo contenido de DON (Cuadro 1 apéndice). Ji *et al.* (16) explicaron los bajos contenidos de DON como una consecuencia de mecanismos de degradación y tolerancia a la micotoxina en granos. Por otra parte en cuanto a PMG se observó diferencias significativas entre los cultivares de ciclo largo Buck Mangrullo, SY200 y BIOINTA 3005 (mayores valores) y BIOINTA 3006, Baguette 801 Premium, BIOINTA 2004 y ACA 356 (menores valores). En cultivares de ciclo corto estas diferencias se dieron entre Klein Tauro y Klein Zorro (mayores valores) y BIOINTA 1007, BIOINTA 1006, Cronox, Klein León, BIOINTA 1004, ACA 903B, LE 2330, LE 2333 y BIOINTA 1002 (menores valores) (Cuadro 3 apéndice). Este parámetro pareció estar afectado y asociado con la enfermedad sólo en alguno de ellos.

Relación entre granos enfermos, contenido de DON y parámetros de calidad

Se hallaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre cultivares en la proporción de granos enfermos. Se destacaron con baja presencia de granos enfermos (entre 2 y 7%) Klein Zorro, Klein Proteo, Klein Tauro, LE 2330, Buck Mangrullo, SY200 y Cronox. ACA 906, Klein León, BIOINTA 3005 y ACA 356 presentaron valores en torno a 13% y Baguette 801 Premium, ACA 903B, BIOINTA 1004, BIOINTA 1005, BIOINTA 1007 y Lenox registraron los mayores valores (entre 21 y 28,5%) (Cuadro 1 apéndice). La calidad comercial y panadera se ve afectada por presencia de este patógeno y sus metabolitos (7; 8; 26 y 32). La acción de enzimas en granos infectados, provoca alteración en la calidad de las proteínas y consecuentemente en la fuerza de gluten, afectando las propiedades de panificación (1; 7; 8). Ante disminuciones de PH y PMG producto de la enfermedad, se produce un sensible aumento en la proteína, que hace que la concentración de nitrógeno proteico sea mayor. Se tiene así mayor proteína y gluten pero de menor calidad industrial. De este modo el efecto negativo de la FET se da sobre la calidad proteica y también principalmente sobre la fracción de almidón en el grano. También disminuyen la fuerza del gluten o W del alveograma por efecto de enzimas proteasas, catalasas y peroxidases activadas por el hongo. Así la absorción de agua de las harinas, el tiempo de desarrollo y estabilidad de las masas caen con el incremento del porcentaje de granos enfermos presentes en la muestra. El volumen de pan en general, no

se ve muy afectado debido a la extensibilidad de las masas dando migas algo abiertas de alvéolos grandes no deseados. Cunibert *et al.* (8) analizando muestras de granos de la cosecha 2012/13, indicaron que la calidad se vio muy afectada por bajo PH dado por granos chicos, chuzos y `fusariosos`. En las subregiones II N y VN los valores promedios de PH fueron 75,50 kg/hl y 76,40 kg/hl respectivamente. Sobre muestras de ensayos de RET se observó mayor PH en SY200, Klein Proteo, Cronox, Klein Zorro (valor promedio de 78,2%), en tanto que BIOINTA 2005, Lenox y BIOINTA 3006 registraron un valor promedio de 74,3%. Los menores valores correspondieron a Baguette 801 Premium, BIOINTA 1005, ACA 903B y BIOINTA 3005 (valor promedio de 67,6%), como consecuencia de la mayor susceptibilidad. El PMG se ubicó en valor promedio de 30 gramos revelando esto un inadecuado llenado de grano. La proteína y gluten presentaron promedios de 12,4% y 30% respectivamente. La calidad industrial se vio afectada, por caída en el W del alveograma, menor estabilidad y un aumento de la extensibilidad de las masas, dando masas muy flojas. El contenido de proteína en grano mostró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre cultivares. ACA 356 presentó el mayor contenido (15,43%) difiriendo así del resto (tabla 3 apéndice). Contrariamente SY 200, ACA Ciprés, Baguette Premium 11 y Lenox registraron los menores valores. En ciclo corto Klein Proteo y LE 2333 registraron los mayores valores (15% promedio) y Cronox el menor valor. El resto de los cultivares presentaron en promedio 13,7% de proteínas en grano.

CONCLUSIONES

La epidemia severa de FET de 2012 permitió caracterizar el comportamiento de los cultivares frente a la enfermedad. Se destacaron con baja incidencia y severidad, en condiciones de infección natural y artificial, Lenox, LE 2330, ACA 356, Klein Zorro y Klein Tauro. Se observó baja infección en granos (inferior a 5%) en Klein Zorro, Klein Proteo y Klein Tauro. No se detectó DON en Baguette 801 Premium y SY 200 en tanto que presentaron bajos contenidos de DON y niveles variables de severidad Klein Proteo, Cronox, Baguette Premium 11, ACA Ciprés, BIOINTA 2005, Klein Zorro, Klein Tauro, BIOINTA 1004, Klein León, BIOINTA 1002, ACA 906 y BIOINTA 1006. No se observaron relacionados la proporción de granos enfermos y el contenido de DON. En la mayoría de los cultivares se midió concentraciones de DON superiores al nivel de tolerancia mundial (1ppm). Se observaron buenos contenidos de proteínas y gluten y bajo PH, que se vio asociado a granos de menor tamaño, afectados por la enfermedad. En general el rendimiento de granos se vio muy afectado, con la excepción de los cultivares SY 200, Cronox y Klein Zorro. Se observó asociación positiva entre rendimiento de granos y PMG en Klein Tauro, Baguette Premium 11, Buck Mangrullo, Klein Zorro, SY 200 y BIOINTA 3005. Los cultivares LE 2333, Klein Proteo, Klein Tauro y ACA 906 mostraron alto contenido de proteínas en granos y mayor rendimiento. Los cultivares que mostraron mejor comportamiento teniendo en cuenta todos los aspectos mencionados fueron Klein Zorro y Klein Tauro. Klein Proteo y Cronox se destacaron junto con SY 200 por bajos contenidos de DON y mayores valores de PH. En síntesis, se ob-

servó que menores niveles de severidad no aseguraron menor proporción de granos enfermos ni tampoco menor contenido de micotoxina. El rendimiento se vio afectado por mermas en los PH y por diferencias en los PMG y el contenido de proteínas fue mayor en aquellos cultivares que presentaron menor rendimiento de granos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AAKRE, D.; FLASKERUD, G.; HELLEVANG, K.; LARDY, G.; MCMULLEN, M.; RANSOM, J.; SORENSON, B.; Y SWENSON, A.** 2005. DON (Vomitoxin) in Wheat Basic Questions and Answers. NDSU Extension Service (701) 231-7881. Disponible en: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/pests/pp1302.pdf> Acceso 06/06/2015.
2. **ALBERIONE, E.; SALINES, N. Y CONDE, M.B.** 2014. Evaluación de Resistencia a Fusariosis de la espiga en cultivares de trigo pan. En: <http://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-resistencia-a-fusariosis-de-la-espiga-en-cultivares-de-trigo-pan>. Acceso: 07/06/2015
3. **BAI, G.H. Y SHANER, G.** 1994. Scab of Wheat: Prospects for Controls. *Plant Disease* 78 760-766 Bai G.H.
4. **BOTTALICO, A. Y PERRONE, G.** 2002. Toxicogenic *Fusarium* species and mycotoxins associated whit head blight in small-grain cereals in Europe. *European Journal of Plant Pathology* 108: 611-624.
5. **BURLAKOTI, R.R.; ESTRADA, R.; RIVERA, V.V.; BODDEDA, A.; SECOR, G.A. Y ADHIKARI, T.B.** 2007. Real Time- PCR Quantificación and Micotoxin Production of *Fusarium graminearum*

- nearum in wheat inoculation whit isolates Collected fromo Potat, Sugar Bee, and Wheat. *Phitophatology*. Vol 97, No 7.
6. **CHRPOVÁ, J.; ŠÍP, V.; MATĚJOVÁ, E. Y SÝKOROVÁ, S.** 2007. Resistancce of Winter Wheat Varieties Registe-redin the Czech Republic to Mycoto-xin Accumulation in Grain Following Inoculation with *Fusarium culmorum*
 7. **CZECH, J.** *Genet. Plant Breed.*, 43, 2007 (2): 44-52
 8. **CUNIBERTI, M.** 2002. El *Fusarium* dejó su marca en la calidad del trigo. Campaña 2001/2002. La voz del Interior, Córdoba. 11/01/2002.
 8. **CUNIBERTI, M.** 2013. *Fusarium* versus Calidad de Trigo. En:<http://inta.gob.ar/unidades/621000>.
 9. **CUNIBERTI, M.; MIR, L.; BERRA, O. Y MACAGNO, S.** 2013. Calidad del trigo de la región central del país. Campaña 2012/13. Trigo Actualización 2013. Información de actualización técnica n° 26 ISSN 1851-9245. pp 79-84.
 10. **DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M. Y ROBLEDO, C.W.** 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
 11. **DOOHAN, F.M.; BRENNAN, J. Y COOKE, B.M.** 2003. Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal Plant Patology* 109: 755-768.
 12. **GALICH DE, M.T.V.** 1996. Cap. *Fusarium* Head Blight in Argentina. *Fusarium* head scab: Global status and future prospects. Proceedings of a Workshop; El Batán (Mexico); 13-oct-96 - 17-oct-96. 1997. Dubin, H.J.; Gilchrist, L.; Reeves, J.; McNab, A. : vi, 130 pags. Mexico, DF (Mexico). CIMMYT.
 13. **HONG-XIANG, MA; BAI GUI-HUA, BIKRAM S. GILL Y L. PATRICK.** 2006. Hart Deletion of a Chromosome Arm Altered Wheat Resistance to *Fusarium* Head Blight and Deoxynivalenol Accumulation in Chinese Spring. *Plant Dis.* 90:1545-1549.
 14. **HERNANDEZ NOPSA, J. F.** 2010. *Fusarium* head blight: Winter wheat cultivar responses and characterization of pathogen isolates. ETD collection for University of Nebraska - Lincoln. Paper AAI3432178. En: <http://digitalcommons.unl.edu/dissertations/AAI3432178>. Acceso: 28/05/2015.
 15. **ITTU, M.; CANA, L.; TABUC, C. Y TARANU, I.** 2008. Preliminary evaluation of some factors involved in DON contamination of bread wheat under natural and artificial inoculation. *Romanian Agricultural Research* n° 25/2008. pp 37-41.
 16. **JI, F.; WU, J.; ZHAO, H.; XU, J. Y SHI, J.** 2015. Relationship of Deoxynivalenol Content in Grain, Chaff and Straw with *Fusarium* Head Blight Severity in Wheat Varieties with Various Levels fo Resistance. *Manderville RA, ed Toxins* 2015; 7(3) 728-742. doi:10.3990/Toxins7030728
 17. **JIN, F.; ZHANG, D.; BOCKUS, W.; BAENZIGER, P.S.; CARVER, B. Y BAI, G.** 2013. *Fusarium* Head Blight Resistance in U.S. Winter Wheat Cultivars and Elite Breeding Lines. *Crop science*, vol. 53
 18. **KOHLI, M.M.** ed. 1989. Taller sobre la *Fusariosis* de la espiga en América del Sur. México, D.F.: CIMMYT. ISBN 968-6127-37-2.
 19. **MA, H-X; BAI, G-H; GILL, B. S. Y HART, L. P.** 2006. Deletion of a Chromosome Art Altered Wheat Resistance to *Fusarium* Head Blighth and Deoxynivalenol Acumulation in Chinese Spring. *Plan Disease*. Vo. 90. N° 12.

20. **MAGAN, N. Y OLSEN, M.** 2004. Mycotoxin in Food. Detection and Control. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2004. Resistance Breeding . Component of genetic resistance pag. 446.
21. **MC MULLEN, M. Y JONES, R. GALLEMBERG DALE.** 1997. SCAB OF WHEAT AND BARLEY A RE-EMERGING DISEASE OF DEVASTATING IMPACT. *Plant Disease* / Vol. 81 No. 12.
22. **MESTERHÁZY, A.; BARTÓK, T.; MIROCHA, C.M. Y KOMORÓCZY, R.** 1999. Nature of resistance of wheat to Fusarium head blight and deoxynivalenol contamination and their consequences for the breeding. *Plant Breeding*, 118, 97–110.
23. **MILLER, J.D. Y ARNISON, P.G.** 1986. Degradation of deoxynivalenol by suspension cultivars of the Fusarium head blight resistant cultivar Frontana. *Can J Plant Path* 8:147–150.
24. **MOSCHINI, R.; DE GALICH, M.T.V.; ANNONE, J.G. Y POLIDORO, O.** 2002. Enfoque fundamental-empírico para estimar la evolución del índice de fusarium en trigo. *RIA*, 31(3): 39-53 ISSN 0325 – 8718 INTA, Argentina
25. **MOSCHINI, R.C.; MARTÍNEZ, M. I. Y CAZENAVE, G.** 2013. Estimación de la distribución espacial de la incidencia de la FET en la región pampeana para la campaña 2012/13. En: <http://www.dbbe.fcen.uba.ar/contenido/objetos/INTAIncidenciaFETReginPampeana1.pdf>. Acceso 18/06/2015. Acceso 5 de abril de 2015
26. **PAPOUŠKOVÁ, L.; CAPOUCHOVÁ, I.; KOSTELANS KÁ, M.; ŠKERŇÍKOVÁ, A.; PROKINOVÁ, E.; HAJŠLOVÁ, J.; SALAVA, J. Y FAMĚRA, O.** 2011. Changes in baking quality of winter wheat with different intensity of fusarium *Czech J. Food Sci.* Vol. 29, 2011, No. 4: 420–429.
27. **PAUL, P.A.; LIPPS, P.E. Y MADDEN, L.V.** 2005. Relationship between visual estimates of fusarium head blight intensity and deoxynivalenol accumulation in harvested wheat grain: a meta-analysis. *Phytopathology*. (10):1225-36. doi: 10.1094/PHYTO-95-1225
28. **PIÑERO, M.** 1996. Cap. Fusarium Toxins in Uruguayan Wheat in Fusarium head scab: Global status and future prospects. *Proceedings of a Workshop; El Batán (Mexico); 13-oct-96 - 17-oct-96.* 1997. Dubin, H.J.; Gilchrist, L.; Reeves, J.; McNab, A.: vi, 130 pags. Mexico, DF (Mexico). CIMMYT.
29. **SALGADO, J. D.** 2014. Modeling the Effects of Fusarium Head Blight on Wheat Grain Yield and Quality and Developing Cost-effective Strategies for Minimizing Losses. THE OHIO STATE UNIVERSITY, 2014, 236 pages; 3670759. 30.
30. **SCHROEDER, H.W. Y CHRISTENSEN, J.J.** 1963. Factors affecting resistance of wheat to scab caused by Gibberella zae. *Phytopathology*. 53 pp: 831- 838.
31. **SIEUSAHAI, G.** 2012. Alberta Fusarium graminearum Management Plan. Alberta Ag-Info Centre 310-FARM (310-3276) En: www1.agric.gov.ab.ca. Acceso 29/05/2015.
32. **TOMBETTA E, CUNIBERTI M Y VIALE J.** 1995. Influencia del Fusarium Graminearum sobre la calidad comercial e industrial del trigo pan. Informe Técnico N° 117.INTA-EEA Maros Juárez, Cba.
33. **USELE, G.; BEINAROVICA, I.; MEZACA, I. Y LEGZDINA, L.** 2013 Comparison in Spring Barley (*Hordeum vulgare* L) screening methods for Fusarium head blight resistance breeding. ISSN 1392-3196 Zemdirbyste Agriculture. Vol. 100 N°3 (2013).
34. En: www.r-biopharm.com. Trilogy Analytical Laboratory Inc. USA. Acceso 26/05/2015.
35. **WANG, Y.Z. Y MILLER, J.D.** 1988. Effects of metabolites on wheat tissue in relation to Fusarium head blight resistance. *J. Phytopathol.*, 122: 118-125.