

Control químico de roya de la hoja en dos cultivares de trigo.

Donaire Guillermo; Alberione Enrique; Bainotti Carlos; Arburua Mario
EEA INTA Marcos Juárez.
gdonaire@mjuarez.inta.gov.ar

Introducción

La roya de la hoja o anaranjada del trigo (*Puccinia triticina* Erikss), es una de las principales enfermedades foliares del cultivo de trigo. Se encuentra presente en todas las subregiones trigueras, variando su importancia según las condiciones climáticas particulares de cada una y se observa todos los años, difiriendo sólo en su grado de intensidad. Requiere de condiciones climáticas particulares siendo favorables para su desarrollo temperaturas de 15 a 22°C, con una óptima de 20°C y un período de mojado de hoja o rocío no menor a 6 horas. Al tratarse de una enfermedad foliar su principal daño es la reducción del área verde fotosintéticamente activa provocando alta evapo-transpiración en los tejidos foliares afectados. En consecuencia se ven disminuida la producción y redistribución de fotoasimilados afectando directamente el número de granos por espiga y el llenado de los mismos. Los registros de pérdidas de rendimiento medidos en el país alcanzan el 50% (Annone, 2006; Galich *et al.*, 1998) siendo esto dependiente del grado de resistencia del cultivar. La principal estrategia destinada al manejo de esta enfermedad es a través de la resistencia genética. Esta resistencia implica un valor agregado a un germoplasma de características de adaptación, calidad y alto rendimiento. Se dispone de cultivares con resistencia genética a la enfermedad parcial y total, aunque con esta última se está expuesto a un “quiebre de la resistencia” por pérdida de efectividad de dicho gen. En cultivares susceptibles permite ser controlada químicamente de manera muy eficaz dependiendo del compuesto fúngico que se emplee y de los momentos de aplicación (Castellarin *et al.*, 2005; Formento, 2001). La efectividad de un tratamiento químico dependerá del momento oportuno de aplicación (Galich *et al.*, 2001). El momento tiene incluso mayor incidencia en el control de la enfermedad que la decisión de que producto emplear (Carmona, 2005).

El objetivo de este trabajo fue evaluar momentos de aplicación de fungicidas para el control de roya de la hoja en dos cultivares susceptibles de diferentes ciclos de crecimiento en función del rendimiento de grano.

Materiales y métodos

El ensayo se estableció en un lote con rotación agrícola soja-trigo/soja y varios años en siembra directa. Se aplicó en pre-siembra una mezcla de glifosato 48%, dicamba y metsulfuron, en dosis comercial para el control de malezas. En la siembra se utilizó una sembradora experimental Agrometal de siembra directa de siete surcos distanciados a 0,20 metros con cono distribuidor. Se sembraron los cultivares Baguette 18 de ciclo intermedio-largo y Baguette 9 de ciclo corto, ambos con conocida susceptibilidad a la enfermedad. Las fechas de siembra fueron 08/06/2010 y 29/06/2010 respectivamente. Se fertilizó con fosfato diamónico (18-20-00) 80 kg/ha incorporado a la siembra y urea perlada (46-00-00) 200 kg/ha al voleo cuando los cultivos se encontraban en el período de encañazón (EC 3.2 según Zadoks *et al.*, 1974). El diseño experimental fue bloques completos aleatorios con tres repeticiones. Las parcelas (unidad experimental) fueron de siete surcos a 0,20 metros por siete metros de largo, con un tamaño final a cosecha de 5 m². Los tratamientos se aplicaron con mochila de gas CO₂ a presión constante (30 psi) con un ancho de aplicación de 1,5 m. El volumen de aplicación fue 180 lts/ha empleándose picos de cono hueco Teejet™ 8001.

En la Tabla 1 se indican los tratamientos químicos realizados en diferentes momentos según distintos estados de crecimiento en los dos cultivos empleando la escala propuesta por Zadoks *et al.*, (1974). Se emplearon en ambos casos los productos fúngicos tebuconazole en dosis de 500 y 750 cm³ y la mezcla Trifloxystrobina + cyproconazole en dosis de 600 y 800 cm³ (Tabla 2).

Tabla 1. Tratamientos aplicados en diferentes estados de crecimiento del cultivo de trigo con dos fungicidas de diferentes grupos químicos.

Nº	EC	EC	Tratamiento: principio activo/dosis comercial (cc/ha)
----	----	----	---

	Baguette 18	Baguette 9	
1	4.3	4.1	Tebuconazole (500 cc)
2	4.3	4.1	Trifloxy strobina + cyproconazole (600 cc)
3	7.8	7.9	Tebuconazole (750 cc)
4	7.8	7.9	Trifloxystrobina + cyproconazole (800 cc)
5	5.7	5.7	Tebuconazole (500 cc)
6	5.7	5.7	Trifloxystrobina + cyproconazole (600 cc)
7	7.1	7.1	Tebuconazole (500 cc)
8	7.1	7.1	Trifloxystrobina + cyproconazole (600 cc)
9	7.8	7.9	Tebuconazole (500 cc)
10	7.8	7.9	Trifloxystrobina + cyproconazole (600 cc)
11	T	T	Testigo sin aplicación
12	4.3 + 7.1	4.1 + 7.1	Trifloxystrobina + cyproconazole (600 cc) + Tebuconazole (500 cc)
13	T (AUDPC)	T (AUDPC)	Testigo sin aplicación. Observaciones AUDPC.
14	Trat 30% sev	Trat 15% sev	Trifloxystrobina + cyproconazole (600 cc)
15	Trat 50% sev	Trat 30% sev	Trifloxystrobina + cyproconazole (600 cc)

EC: estado de crecimiento según Zadoks. AUDPC: área bajo la curva del progreso de la enfermedad. sev: severidad (%).

Tabla 2. Características de los productos fungicidas utilizados.

Principio activo	Nombre comercial	Formulación	Empresa	g i a / l
Tebuconazole (25%)	Folicur 25 EW	EW	Bayer CropScience	250
Trifloxystrobina (18,75%) + Cyproconazole (8%)	Sphere	EC	Bayer CropScience	187,5 + 80

EW: emulsión aceite en agua. EC: concentrado emulsionable. g i a/l: gramos de ingrediente activo por litro de producto.

Tebuconazole es un triazol, sistémico que se absorbe y redistribuye vía xilemática (movimiento acropétalo). Tiene propiedades preventivas, curativas y erradicantes. La mezcla Trifloxystrobina (estrobirulina) + cyproconazole (triazol) posee acción sistémica y mesostémica (movimiento translaminar). Trifloxystrobina es particularmente activo sobre la germinación de esporas y el crecimiento del micelio. Cyproconazole tiene una acción preventiva y fuertemente curativa. El modo de acción de los productos derivados de los triazoles es inhibir la biosíntesis del ergosterol de la pared celular del hongo y los que derivan de estrobilurinas actúan sobre la respiración a nivel de mitocondrias. Las fechas y condiciones ambientales coincidentes con las aplicaciones fueron: 8/10 (T 24°C, HR 40%, viento 3,2 km/h dir E), 18/10 (T 27°C, HR 30%, viento 9 km/h dir N), 25/10 (T 25,7°C, HR 33%, viento 6 km/h dir S) y 04/11 (T 20°C, HR 62%, viento 3 km/h dir ENE). Se evaluó a la enfermedad a través del porcentaje de severidad mediante observaciones visuales de igual número de muestras de tallos por parcelas. Sobre el testigo se observó y registró los niveles de severidad de la enfermedad en 4 momentos distintos según fechas 08/10, 18/10, 28/10 y 06/11y sobre los tratamientos en las fechas 18/10, 28/10 y 6/11. Para esta evaluación se utilizó la escala propuesta por Cobb modificada por Peterson (Stubbs *et al.*, 1986). La cosecha del ensayo se realizó el día 09/12/2010 con máquina cosechadora experimental Hege. Se pesó lo cosechado en cada una de las parcelas y se calculó el rendimiento expresado en kg/ha. Se registró el peso de 1000 granos (PMG) empleando contador de granos electrónico The Oil mill Company y balanza de precisión Mettler K5 (AACC 2001; IRAM 2004).

Se analizaron estadísticamente las variables a través de análisis de variancia de medias con test de comparaciones múltiples LSD Fisher empleando el programa estadístico Infostat versión profesional. Con los valores de severidad registrados en el testigo se elaboró el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC) empleándose el programa estadístico R 2.7.2.

Resultados y Discusión

Condiciones meteorológicas y epidemiología

Al momento de la siembra del ensayo el perfil presentó un muy buen contenido de agua útil. El ciclo del cultivo se desarrolló en una situación de escasa ocurrencia de precipitaciones durante el invierno (4,7 mm). Las lluvias se restablecieron durante la primavera, en la cual durante septiembre se registraron precipitaciones por encima de su valor histórico (cuadro 3) lo que le permitió al cultivo afrontar el período crítico para la formación y desarrollo de granos sin estrés hídrico. El acumulado durante el ciclo del cultivo fue 183 mm. Se registraron en total 61 días con heladas siendo los meses de julio y agosto los de mayor ocurrencia. Durante septiembre y octubre cuando el cultivo se encontraba en el período de mayor sensibilidad a bajas temperaturas, no ocurrieron heladas de importancia que afectaran el rendimiento de grano. Con respecto a las temperaturas, se registraron valores inferiores a los históricos tanto en sus máximas como en sus mínimas (no reflejado en la temperatura media). Las menores temperaturas registradas hacia fin del invierno y durante la estación primaveral fue una de las causas que explica el retraso observado en el inicio epidémico de la enfermedad. Otra fue el menor registro de humedad relativa ambiente durante el período julio-noviembre (excepto septiembre).

Cuadro 3. Variables climáticas registradas en la EEA Marcos Juárez.

Variable\Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nº de heladas a 5 cm nivel del suelo (Año 2010)	0	0	0	0	8	9	21	18	2	3	0	0
Nº de heladas a 5 cm nivel del suelo (Histórico: 1987-2010)	0	0	0	1	4.5	8.1	10.5	7.9	4.7	0.6	0	0
Temperatura media (°C) (Año 2010)	24.6	24.1	23.6	17.4	10.6	11.3	9.5	10.8	14.9	16.5	21.3	23.9
Temperatura media (°C) (Histórico: 1967-2010)	24.1	22.9	21.4	17.6	14.3	10.7	10.3	12	14.5	17.9	20.8	23.2
Precipitaciones (mm) (Año 2010)	240	186.5	49	92	46.6	3	1.2	0.5	83.3	46.5	48.5	118
Precipitaciones (mm) (Histórico: 1960-2010)	112	98	117	79	39	22	25	21	48	89	99	112
Humedad relativa media (°C) (Año 2010)	70	79	68	69	74	76	65	63	70	62	56	60
Humedad relativa media (°C) (Histórico: 1970-2010)	68	72	74	75	76	78	75	71	68	67	65	66

Fuente: estación meteorológica EEA Marcos Juárez.

El gráfico 1 muestra el progreso en el tiempo de roya de la hoja en el cultivar Baguette 18 (ciclo intermedio-largo). La infección se inició hacia fines del mes de septiembre mostrando un incremento progresivo de la enfermedad hasta alcanzar un nivel final de severidad promedio de 56,45%. Por su parte el gráfico 2 muestra el progreso de la enfermedad sobre el cultivar Baguette 9 (ciclo corto) que en cuyo caso alcanzó un nivel de severidad final de 31,48%. Comparando ambas curvas y valores de AUDPC (589.705 vs 305), se observa que en los 4 momentos de registro de la enfermedad, Baguette 9 presentó un mejor comportamiento frente a la enfermedad a pesar de ser también susceptible. Esto demuestra que pueden existir diferencias entre cultivares con reacción similar frente a la enfermedad. Las causas posibles de estas diferencias son los ciclos de crecimiento distintos de los cultivos y la relación hospedante-patógeno, debida a la presencia de diferentes razas. En este sentido, Baguette 18 se observa susceptible a un número mayor de razas que Baguette 9. Además, en este último se presume la existencia de algún gen menor adicional (Campos, comunicación personal /2011). Gráfico 1. Progreso en el tiempo y AUDPC de roya de la hoja en Baguette 18.

Baguette 18 - Roya de la hoja

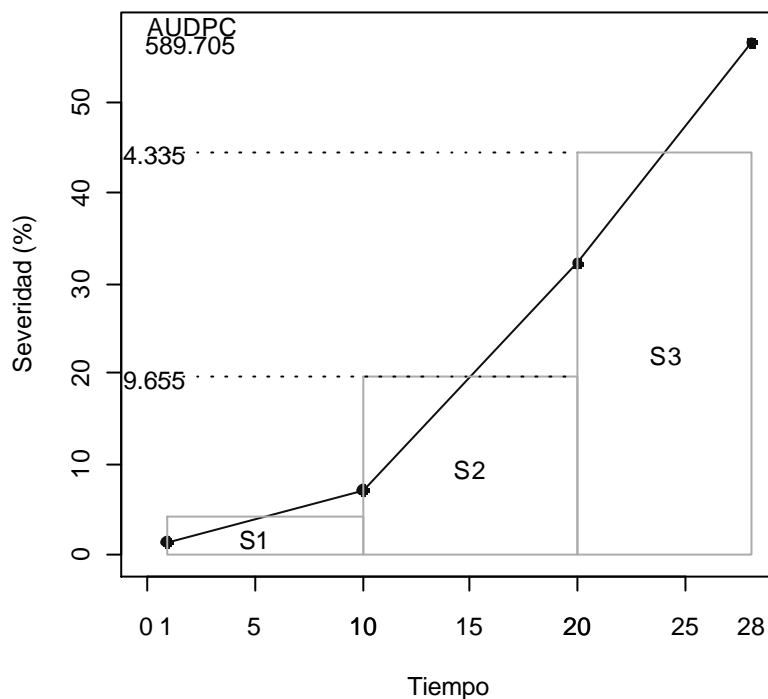
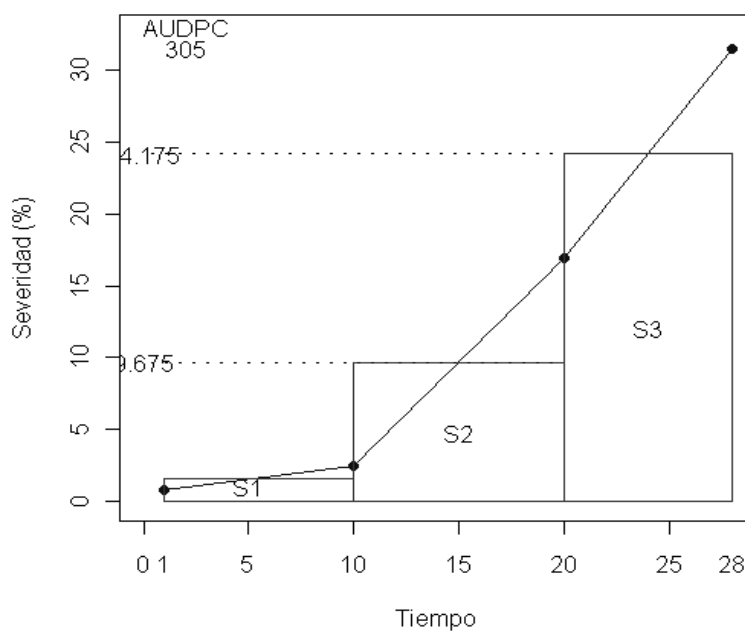


Grafico
Progreso
tiempo y
AUDPC
roya de
hoja en
Baguette

2.
en el
de
la
9.

Baguette 9 - Roya de la hoja



Evaluación del control químico

Los cuadros 4 y 5 muestran los resultados de análisis de variancia de la variable severidad (%) en los dos cultivares.

Cuadro 4. Severidad en Baguette 18.

Tratamientos	%Severidad	
	Medias	DMS: 20,52
12	10,03	A
2	12,57	A
1	23,23	AB
6	30,4	ABC
4	30,47	ABC
15	41,6	BCD
5	43,3	BCD
10	43,8	CD
14	44,03	CD
8	44,67	CD
9	45,57	CD
3	46,23	CD
13	51,93	D
7	57,17	D
CV	32.11 %	
p<: 0,05	0,0012	

Cuadro 5. Severidad en Baguette 9.

Tratamientos	%Severidad	
	Medias	DMS: 13,75
12	8,01	A
2	11,68	A
6	16	AB
8	17,1	ABC
14	25,63	BCD
1	27,94	BCD
4	29,81	CDE
10	30,2	CDE
15	30,21	CDE
5	30,87	DE
3	31,15	DE
9	34,46	DE
7	36,79	DE
13	42,6	E
CV	40,75%	
p<: 0,05	0,0001	

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

DMS: diferencia mínima significativa (%). CV: coeficiente de variación (%).

En ambos ensayos existieron diferencias significativas para esta variable. En Baguette 18 no difirieron entre sí los tratamientos 12 (Trifloxystrobina + cyproconazole

600 cc.) + Tebuconazole (500 cc.), 2 (Trifloxystrobina + cyproconazole 600 cc. en EC 4.3), 1 (Tebuconazole 500 cc. en EC 4.3), 6 (Trifloxystrobina + cyproconazole 600 cc. en EC 5.7) y 4 (Trifloxystrobina + cyproconazole 800 cc. en EC 7.8). En Baguette 9 se observó similares resultados.

Debido al número de tratamientos y para una mejor visualización del efecto producto y momento de aplicación, se elaboraron los gráficos 3 y 4 con datos de severidad en función del tiempo, obteniéndose curvas del progreso de la enfermedad en los dos cultivares evaluados para tres momentos de aplicación diferentes (espiga embuchada, espigazón y grano acuoso). Las curvas corresponden al tratamiento de doble aplicación, al testigo sin aplicación y a los tratamientos con aplicación de Tebuconazole y Trifloxystrobina + cyproconazole en sus dosis mínimas recomendadas aplicados en tres momentos distintos del ciclo del cultivo. Sobre el testigo en ambos ensayos se observó los mayores valores de severidad y por el contrario se observaron mínimos niveles de severidad en el tratamiento con doble aplicación debido a una efectiva y prolongada protección. Con similar comportamiento al tratamiento de doble aplicación se observó al tratamiento con producto mezcla (Trifloxystrobina + cyproconazole)

en etapas tempranas del cultivo en ambos cultivares. El control temprano de la enfermedad con productos con características de preventivos y con mayor poder residual o periodo de carencia, resultó en una mejor alternativa de control comparado con el producto de un solo principio activo. En el ensayo con Baguette 9, Trifloxistrobina + cyproconazole ejerció un mejor control de la enfermedad hasta la madurez del cultivo. Con este tratamiento se logró un nivel final de severidad cercano al 10%, mientras que con Tebuconazole se logró un menor nivel de control llegando a valores de severidad, hacia el final de cultivo cercanos al 30%. Las aplicaciones en espigazón mostraron diferencias significativas entre los dos productos solo en Baguette 9. También en este caso el producto mezcla resultó ser más eficaz presentando menores niveles de severidad. En las aplicaciones tardías no se observaron diferencias significativas entre productos y cultivares.

Gráfico 3. Progreso de la enfermedad en Baguette 18 con y sin control químico.

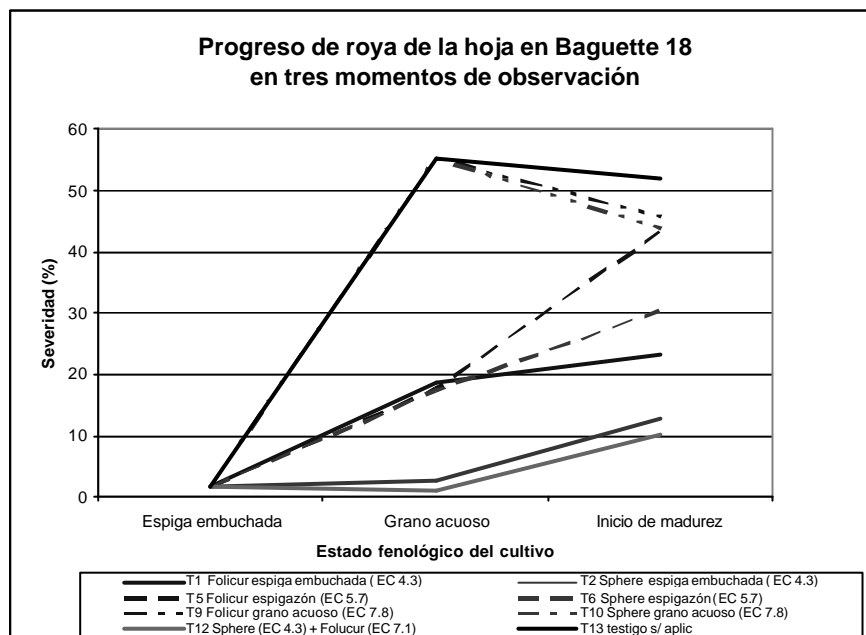
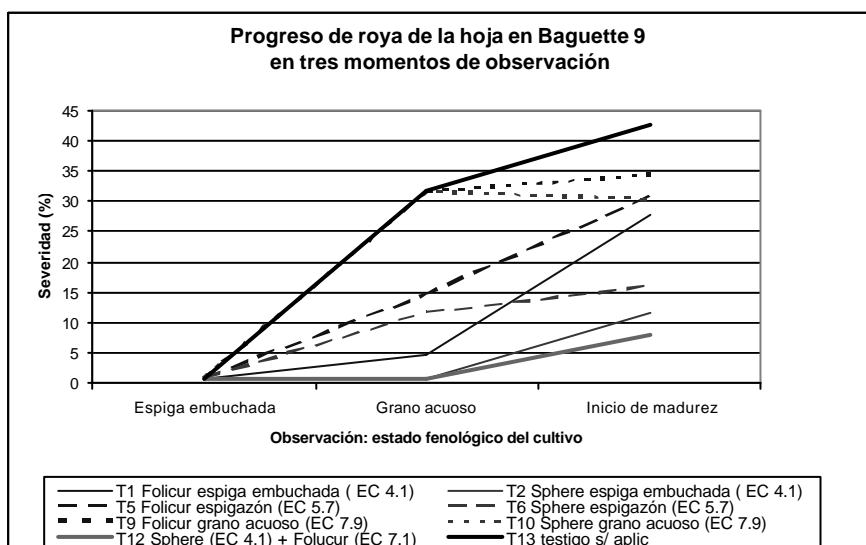


Gráfico 4. Progreso de la enfermedad en Baguette 9 con y sin control químico.



Sobre la variable rendimiento de grano (Kg/ha), se observaron en ambos ensayos diferencias significativas de los tratamientos. En los cuadros 4 y 5 se detallan los resultados del análisis de varianza sobre el rendimiento en grano (kg/ha) de los distintos tratamientos para ambos cultivares.

Cuadro 4. Rendimiento en Baguette 18. Cuadro 5. Rendimiento en Baguette 9.

Tratamientos	Rendimiento Kg/Ha		Tratamientos	Rendimiento Kg/Ha	
	Medias	DMS: 538		Medias	DMS: 442
12	6483	A	12	5780	A
2	6160	AB	2	5608	AB
6	5897	BC	6	5573	ABC
14	5830	BCD	4	5431	ABCD
5	5710	BCD	13	5371	ABCD
8	5670	BCDE	14	5352	ABCDE
15	5650	BCDE	9	5328	BCDE
4	5633	BCDE	15	5247	BCDE
10	5573	CDE	5	5204	BCDE
7	5467	CDE	8	5194	BCDE
1	5427	CDE	11	5177	BCDE
11	5353	DE	3	5145	CDE
3	5350	DE	10	5131	CDE
9	5310	DE	7	4998	DE
13	5133	E	1	4924	E
Promedio	5643		Promedio	5298	
CV	5,70%		CV	6,58%	
p<: 0,05	0,0022		p<: 0,05	0,0192	

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).
CV=coeficiente de variación. DMS: diferencia media significativa.

En ambos ensayos se observó un mejor comportamiento sobre el rendimiento de grano con el tratamiento de doble aplicación. También es de destacar el efecto que tuvo el tratamiento mezcla de principios activos aplicado temprano que no mostró diferencias significativas con el de doble aplicación. La buena respuesta del tratamiento mezcla en dosis de 600 cc. sobre el rendimiento se observó en ambos cultivares a pesar de que Baguette 18 se mostró mas susceptible a la enfermedad. La tendencia muestra además que la mezcla se comportó mejor que el principio activo sólo con la excepción de algún tratamiento en particular. El porcentaje de severidad, tomado como variable de control de la enfermedad y el rendimiento en todos los tratamientos y en ambos cultivos, presentaron una correlación significativa negativa (correlación de Pearson) siendo esta más marcada en los tratamientos 2 y 12.

Con respecto a la variable peso de mil granos (PMG), también se obtuvieron por análisis de variancia de medias, diferencias significativas entre tratamientos y con el testigo sin aplicación ($p=0,013$ y $p=0,001$ en Baguette 18 y Baguette 9, respectivamente). En ambos ensayos esta variable incidió positivamente sobre el rendimiento de grano. También para esta variable se observó el mejor comportamiento con los tratamientos de doble aplicación y con el empleo del producto mezcla en estadios tempranos (espiga embuchada) en ambos cultivares y también, se evidenció un comportamiento distinto de los productos en relación a la variedad, posiblemente debido a una respuesta diferenciada frente a la enfermedad.

Conclusiones

- A pesar de que la reacción de las variedades frente a la enfermedad es de conocida susceptibilidad se encontraron diferencias apreciables en su severidad final, posiblemente debido a un comportamiento distinto frente a las razas presentes.
- Se encontraron respuestas distintas de los productos fúngicos evaluados entre momentos de aplicación.
- Sobre las tres variables evaluadas se observó un mejor comportamiento del producto mezcla destacándose la aplicación en estadios tempranos comparable a la doble aplicación.
- Sobre Baguette 18 las diferencias encontradas entre productos y momentos fueron más notorias, debido a su mayor susceptibilidad frente a la enfermedad.
- La importancia de esta información sugiere seguir explorando respuestas de los fungicidas en relación a diferencias varietales en la búsqueda de momentos óptimos de aplicación.

Bibliografía

- AACC Method. 2001. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 11nd edition, St. Paul, MN, USA.
- Annone J. 2006. Roya de la hoja en trigo. Importancia económica y estrategias para reducir los efectos sobre la producción. Trigo Informe de Actualización Técnica N° 1. EEA INTA Ms Juárez. pp 3.
- Carmona M. 2005. Manual para el manejo integrado de las enfermedades del trigo. 2da ed.. pp 62.
- Castellarin J., Pedrol H. Gonzáles M., Incremona M., Salvagiotti F., Rosso O. 2005. Control de enfermedades foliares en trigo: momento de aplicación y tipo de molécula fungicida. Actas del VI Congreso Nacional de Trigo. Bahía Blanca. pp 201-2002.
- Formento N. 2001. Dosis y momentos de aplicación de fungicidas para el control de enfermedades foliares en trigo. EEA INTA Paraná.
- Galich A., Galich M. Villar de. 1998. Enfermedades del trigo en el área pampeana norte y su manejo. Información para extensión N° 51. EEA INTA Marcos Juárez. pp 4.
- Galich M. Villar de., Galich A., Alberione E. 2001. Enfermedades del trigo en el área central norte II. Recomendaciones para reducir el riesgo de pérdidas por enfermedades. Información para extensión N° 65. EEA INTA Marcos Juárez. pp 22-26.
- InfoStat (2008). *InfoStat versión 2008*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- IRAM 2004. Instituto Nacional de Nacionalización de Materiales. Metodología de análisis de calidad de trigo. Subcomité de Cereales
- R versión 2.7.2. 2008 The Foundation for Statistical Computing ISBN 3-900051-07-0
- Stubbs R.W, Prescott J.M, Saari E.E, Dubin H.J. 1986. Manual de metodologías sobre las enfermedades de los cereales. CIMMYT en cooperación con el Instituto de Investigación para la Protección Vegetal (IPO), Wageningen, Países Bajos pp 1-46.
- Zadoks, J., Chang T. y Konzak C. 1974. A decimal code for the growth stage of cereals. Weed Res. 14: 415-421.