

EFICACIA DE CONTROL Y RESIDUALIDAD DE CURASEMILLAS SOBRE ENFERMEDADES FOLIARES DE TRIGO

GERARD, G. S.^{1,2}; FLEITAS, M.C.^{1,2}; SCHIERENBECK, M.^{1,2} & SIMÓN M.R.¹

RESUMEN

Los tratamientos de fungicidas a la semilla son efectivos pocos días después de la siembra. Sin embargo, ingredientes activos desarrollados recientemente pueden proteger la planta por periodos más largos. Convirtiéndose así en una alternativa a las aplicaciones foliares para el control temprano de enfermedades. Adicionalmente, su efecto puede estar influenciado por la fertilización nitrogenada. Los objetivos del trabajo fueron: i) determinar el efecto y la eficacia de control de diferentes tratamientos de semilla sobre Roya de la Hoja (RH), Mancha Amarilla (MA) y Mancha de la Hoja (MH) del trigo; ii) determinar la residualidad la eficacia de control a lo largo del ciclo del cultivo; iii) evaluar el efecto del nitrógeno sobre el desarrollo de las enfermedades; iv) evaluar el efecto del nitrógeno sobre la eficacia del control de enfermedades. Se realizó un ensayo en macetas, con un diseño completamente aleatorizado. Se incluyeron tres factores: enfermedades foliares (RH, MA y MH); curasemillas [Testigo sin tratar (T), PremisTM (Triticonazole-10%) 25 cm³.100 Kg⁻¹ de semilla (P), PremisTM + SistivaTM (Fluxapyroxad 333g.L⁻¹) 30 cm³.100 Kg⁻¹ de semilla (P + S1), y PremisTM + SistivaTM 75 cm³.100 Kg⁻¹ de semilla (P + S2)] y nitrógeno (0 KgN.ha⁻¹, 90 KgN.ha⁻¹, y 180 KgN.ha⁻¹). Se inoculó con cada patógeno en ocho oportunidades a lo largo del ciclo, evaluando la severidad en cada una de ellas. Se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad, la eficacia de control de los tratamientos curasemillas y su residualidad. Todos los tratamientos curasemillas presentaron diferencias significativas de control con respecto al T sobre las tres enfermedades. Los mayores niveles de control se observaron con P + S2, el que alcanzó en las primeras fechas evaluadas valores máximos de eficacia de control cercanos al 80%. Los tratamientos mezclas presentaron mayor residualidad de la eficacia de control que el tratamiento con Triticonazole solo. La misma, resultó significativa respecto del T hasta los 66 y 55 días desde la primera inoculación respectivamente. No se observaron diferencias significativas en la eficacia de control con las distintas dosis de nitrógeno, aunque estas sí afectaron de manera diferencial el desarrollo de las enfermedades evaluadas. Los tratamientos curasemillas demostraron tener efectos de control sobre las enfermedades, existiendo diferencias en la eficacia de control y su residualidad en función de la enfermedad, principio activo y la dosis utilizada.

Palabras clave: Curasemillas; enfermedades foliares; eficacia de control, residualidad, trigo

1.- Cátedra de Cerealicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Av. 60 y 119 s/n. (1900) La Plata, Buenos Aires. Tel.: +54 (0221) 423-6758. Email: guillegerard@agro.unlp.edu.ar

2.- CONICET CCT La Plata. Calle 8 N° 1467. La Plata, Buenos Aires, Argentina. Tel.: +54 (0221) 457-6423.

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

ABSTRACT

Control efficacy and residual efficacy of seed treatments on foliar diseases of wheat.

Seed treatments are usually effective few days after sowing. However, actives recently developed can protect seedlings for longer periods. Thus, they can be an alternative to early foliar applications for disease control. Additionally, its effect can be influenced by nitrogen fertilization. The aims of this study were: i) to determine the effect and control efficacy of different seed treatments on the three main foliar diseases of wheat: Leaf Rust (LR), Tan Spot (TS) and Septoria Leaf Blotch (SLB); ii) to determine its residual efficacy throughout the crop cycle; iii) to assess the effect of different nitrogen doses on disease development; iv) to assess the effect of different nitrogen doses on disease control efficacy. The experiment was performed in pots with a completely randomized design. Three factors were included: foliar diseases (LR, TS and SLB); seed fungicide treatments [Untreated control (UT), Premis™ (Triconazole-10%) 25 cm³.100 Kg⁻¹ of seed (P), Premis™ + Sistiva™ (Fluxapyroxad 333g.L⁻¹) 30 cm³.100 Kg⁻¹ of seed (P + S1), and Premis™ + Sistiva™ 75 cm³.100 Kg⁻¹ of seed (P + S2)] and nitrogen (0 KgN.ha⁻¹, 90 KgN.ha⁻¹, y 180 KgN.ha⁻¹). Eight inoculations along the crop cycle were performed with every pathogen, evaluating the severity in each of them. The area under the disease progress curve, control efficacy of the seed treatment and its residual efficacy were calculated. All seed treatments had significant differences of disease control compared to the untreated. Higher levels of control were observed with P + S2 with maximum values closed to 80% in the first evaluated dates. Seed treatments containing mixtures showed significant higher values of residual efficacy compare to the Triconazole-only. This efficacy, was significant compared to UT until 66 and 55 days since the first inoculation, respectively. No significant differences were observed in control efficacy with different nitrogen doses, however, they did affect disease development. Seed treatments had effect on disease control, varying in control efficacy and residual efficacy depending on the type of disease, active ingredient and its dose.

Key words: Gall wasp; chemical control; systemic insecticides; dose; application rate.

INTRODUCCIÓN

El trigo pan (*Triticum aestivum* L.) es una de las fuentes más importantes de granos alimenticios en el mundo. Es cultivado en diversas regiones ocupando aproximadamente un sexto del total de los suelos cultivados (24). Su producción está limitada anualmente por diferentes factores abióticos y bióticos; dentro de estos últimos, las enfermedades de origen fúngico sobresalen por su incidencia.

En Argentina, las enfermedades foliares Septoriosis o Mancha de la Hoja (MH) (*Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schrot), Mancha Amarilla (MA) (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Shoemaker) y Roya de la Hoja (RH) (*Puccinia triticina* Eriks) son consideradas las más limitantes del rendimiento del cultivo por frecuencia, nivel epidémico y escasez de combinaciones genéticas efectivas en cultivares comerciales (2, 10). Esto, sumado a los cambios en la prácticas culturales de las últimas déca-

das, como el aumento de la superficie bajo siembra directa, el monocultivo y el uso reiterado de una misma variedad han incrementado el efecto de los patógenos foliares sobre el cultivo, principalmente de aquellos con hábito nutricional necrotrofico. En este último caso, el rastreo o directamente la semilla infestada proveen el principal medio de supervivencia del patógeno y el inóculo inicial para el nuevo cultivo. Semillas de trigo que sufren infecciones fúngicas, en general presentan una reducción de la germinación, plántulas más pequeñas y de menor vigor (29), resultando más vulnerables al ataque de patógenos del suelo y produciendo plántulas que son más lentas en alcanzar la condición de autótrofas. Entre las medidas recomendadas para disminuir los daños se encuentran los tratamientos con productos químicos cuya acción inhibe o mata los patógenos que se hospedan en la semilla y combate patógenos habitantes del suelo (17).

Todo fungicida tiene una determinada relación dosis-respuesta, es decir requiere un mínimo de concentración para alcanzar un nivel específico de control, variando además la eficacia de control sobre una determinada enfermedad según el principio activo utilizado (20). Adicionalmente, la concentración efectiva de los tratamientos de semilla disminuye a través del tiempo, como consecuencia de que el ingrediente activo se descompone en el suelo, se diluye por difusión o lixiviación lejos de la superficie de la semilla, se diluye en el interior de la planta como consecuencia de que el volumen de tejido se incrementa o es degradado a compuestos secundarios inactivos dentro de la propia planta (25).

Por lo expuesto anteriormente, la residualidad o duración de la protección puede presentar una amplia variación, inclu-

so dentro de una misma familia química. Esta variación dependerá del patógeno, de las condiciones ambientales, de la tasa de crecimiento del cultivo, y de la dosis de aplicación, entre otras causas. En general, los tratamientos de semilla son efectivos 10 a 14 días después de la siembra, con una degradación más rápida en condiciones cálidas y húmedas (16). Sin embargo, algunos ingredientes activos desarrollados recientemente pueden proteger a la planta por periodos mucho más largos cuando son aplicados en dosis mayores. En estos casos, los tratamientos de semillas pueden suplementar o ser una alternativa a las aplicaciones foliares tradicionales para el control temprano de ciertas enfermedades (16), ofreciendo un control efectivo y reduciendo la necesidad de tratamientos adicionales de rescate o resiembra de cultivos.

Por otro lado, prácticas de manejo como la fertilización nitrogenada pueden afectar la expresión de enfermedades foliares en trigo (22), como también la eficacia de fungicidas utilizados en su control (11). Infecciones de patógenos biotróficos como RH o mildiu (*Blumeria graminis* (DC) Speer) han mostrado una relación lineal positiva con el incremento en la dosis de nitrógeno (6). Mientras que en general, se han encontrado efectos opuestos del nitrógeno sobre MA, en que incrementos de la dosis de nitrógeno retrasan su desarrollo (14). En el caso de MH, causada por un patógeno hemibiotrófico, los resultados encontrados son contradictorios tanto en dirección como en magnitud. Según Ishikawa *et al.* (13) existiría una concentración óptima de nitrógeno en la planta con la que la enfermedad lograría un desarrollo máximo. En dicho trabajo se observó que la severidad de mancha de la hoja fue mayor en parcelas tratadas con 100 KgN.ha⁻¹ en comparación con aquellas

tratadas con 0 o 140 KgN.ha⁻¹. Resultados similares fueron encontrados por Fleitas *et al.* (9), quienes determinaron máximos niveles de enfermedad a dosis de 70 KgN.ha⁻¹ sumado al nitrógeno disponible en el suelo, decreciendo los mismos con dosis de 140 KgN.ha⁻¹,

Por último, la eficacia de fungicidas foliares sobre el control de enfermedades puede interactuar con el tipo de cultivar y dosis de nitrógeno utilizados (27). En trabajos realizados en Argentina, Pastore (15) encontró interacción entre fertilización nitrogenada (0, 50, 100 KgN.ha⁻¹), fungicidas (Testigo, Tebuconazole y Trifloxystrobin, Triadimenol + Tebuconazole y Trifloxystrobin) y enfermedad, considerando la severidad causada por MA, MH y RH.

Estudios sobre la eficacia y la residualidad que distintos fungicidas curasemillas pueden presentar en etapas tempranas frente a las enfermedades foliares más importantes del cultivo de trigo son muy escasos en nuestro país (11). En general se han reportado efectos sobre los niveles tempranos de enfermedades foliares (11, 18). Por otro lado, aunque son numerosos los trabajos donde se ha estudiado el efecto de la fertilización nitrogenada sobre enfermedades foliares (4, 5, 6, 12, 13, 22), poco se sabe de su efecto sobre la eficacia de fungicidas curasemillas en el control de las mismas. Los objetivos del presente trabajo fueron i) determinar el efecto y la eficacia de control de diferentes tratamientos de semilla sobre RH, MA y MH; ii) determinar la residualidad la eficacia de control a lo largo del ciclo del cultivo; iii) evaluar el efecto del nitrógeno sobre el desarrollo de las enfermedades; iv) evaluar el efecto del nitrógeno sobre la eficacia del control de enfermedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. El mismo se sembró en macetas de 15 L con un diseño completamente aleatorizado, en el que se incluyeron como factores tres enfermedades foliares: MH, MA y RH; cuatro tratamientos de fungicidas curasemillas: Testigo sin tratar (T); PremisTM (Triticonazole-10%) 25 cm³.100 Kg⁻¹ de semilla (P); PremisTM + SistivaTM (Fluxapyroxad 333g/L) 30 cm³.100 Kg⁻¹ de semilla (P + S1); y PremisTM + SistivaTM 75 cm³.100 Kg⁻¹ de semilla (P + S2); y tres dosis de fertilizante nitrogenado: 0N (0 KgN.ha⁻¹), 90N (90 KgN.ha⁻¹) y 180N (180 KgN.ha⁻¹), con dos repeticiones. La siembra se realizó el 24 de julio de 2014 con aproximadamente 15 semillas del cultivar Baguette 801, caracterizado como moderadamente susceptible frente a las tres enfermedades por Alberione *et al.* (1). El desarrollo de las epidemias se logró a través de inoculaciones artificiales con esporas de *M. graminicola*; *P. tritici-repentis* y *P. triticina* para MH, MA y RH, respectivamente.

Preparación de inóculo e inoculaciones

Se utilizó una mezcla de aislamientos de *M. graminicola* de diferentes zonas trigueras de Argentina con el fin de evitar una posible resistencia del cultivar frente a algún aislamiento específico (Fig. 1A). Los mismos se multiplicaron en medio sólido agar-malta y se incubaron durante 10 días a 21° C +/- 2°C (Fig. 1B). Se cosecharon los conidios mediante el raspado de las cajas

con un cepillo y agua destilada estéril (Fig. 2A). Se realizaron diluciones y recuento de esporas utilizando la cámara de Neubauer, y se ajustó a la concentración final de 5×10^6 esporas/ml (Fig. 2C).

Para la obtención del inóculo de *P. tritici-repentis* (con el mismo fin que el patógeno anterior), se utilizó una mezcla de aislamientos obtenidos de diferentes regiones del país (Fig. 1A). Los mismos se multiplicaron en cajas de Petri conteniendo medio sólido agar V8®. Se incubaron durante 15-21 días a $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ y alternancia de luz y oscuridad (Fig. 1C). La cosecha y recuento de conidios se realizó como se indicó para el patógeno anterior. (Fig. 2B). Se ajustó a 3×10^3 esporas.ml⁻¹ (Fig. 2C).

La multiplicación del inóculo de *P. triticina* se realizó a partir de esporas de una mezcla de razas de alta frecuencia en la zona y virulentas sobre el cultivar en estudio, provistas por los Ing. Agr Francisco Saco y Pablo Campos de INTA Castelar y Bordenave respectivamente. La mezcla se multiplicó, inoculando variedades susceptibles (Baguette 21 y Baguette 30) bajo invernáculo con condiciones controladas de humedad (90%) y temperatura (20 a 24°C). Para la inoculación se utilizó una suspensión de esporas (0,5 mg de esporas/planta) en agua y un tensioactivo (Tween 20). Luego de aproximadamente 21 días y con abundante desarrollo de la enfermedad (Fig. 3A), las esporas se recogieron para

Fig. 1: A. Medios de cultivo sólido agar-malta y V8® para *M. graminicola* (Izquierda) y *P. tritici-repentis* (Derecha). B. Caja de Petri con colonias rosadas características de *M. graminicola* al finalizar la incubación. C. Caja de Petri con colonias algodonosas características de *P. tritici-repentis* al finalizar la incubación.



Fig. 2: A. Raspado de cajas de Petri con cepillo sobre colonias de *M. graminicola*. B. Idem anterior sobre colonias de *P. tritici-repentis*. C. Soluciones ajustadas para la inoculación de *M. graminicola* (Izquierda) y *P. tritici-repentis* (Derecha).



posteriormente ser utilizarlas en la inoculación del ensayo (Fig. 3B). Para ello, la concentración utilizada fue de 0,5 mg de esporas/planta (Fig. 3C).

Las inoculaciones con las respectivas suspensiones de esporas de *M. graminicola*, *P. tritici-repentis* y *P. triticina* se realizaron en ocho oportunidades a lo largo del ciclo de cultivo, desde inicio de macollaje [EC 21 (28)] y con intervalos de 7 a 10 días. Para ello, se utilizó una mochila pulverizadora de mano, aplicando a razón de 1 l de inóculo cada 10 m² de ensayo. Luego de la inoculación, las macetas fueron cubiertas con estructuras de plástico, actuando como cámara húmeda.

Evaluaciones

Se estimó visualmente la severidad de cada una de las enfermedades presentes en cada hoja completamente desarrollada de siete plantas por maceta. Dichas evaluaciones se comenzaron a realizar 25 días después de la primera inoculación, para permitir el desarrollo de síntomas y signos de las enfermedades y se continuaron realizando en ocho oportunidades a lo largo del ciclo del cultivo (25, 33, 40, 47, 55, 66, 73 y 82 días después de la primer inoculación).

Se evaluó el porcentaje de hoja cubierta por picnidios, necrosis/clorosis y pústulas desarrollados por las enfermedades MH, MA y RH respectivamente. A medida que avanzó el ciclo, el cultivo desarrolló nuevas hojas que comenzaron a ser evaluadas, mientras las más viejas como consecuencia de su descomposición dejaron de tenerse en cuenta por la dificultad en su evaluación, sobre todo en la estimación del porcentaje de picnidios. Con los datos de severidad (porcentaje de necrosis, picnidios y pústulas) obtenidos a lo largo de las ocho fechas evaluadas, se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) según Shanner & Finney (21). Adicionalmente, a partir de los datos de severidad obtenidos para cada enfermedad y en cada evaluación, se calculó la eficacia de control de los distintos tratamientos curasemilla respecto al testigo y su residualidad a lo largo del ciclo del cultivo. La eficacia de control se expresó como el porcentaje de severidad de los distintos tratamientos curasemillas respecto del testigo sin tratar, de acuerdo con Daniels & Latin (7).

$$EC = \left[1 - \left(\frac{\% \text{ Severidad Tratamiento}}{\% \text{ Severidad testigo}} \right) \right] \times 100$$

Fig.: 3. A. Hojas infectadas con *P. triticina* previo a la recolección. B. Recolección de esporas de *P. triticina*. C. Esporas de *P. triticina* sobre papel manteca previo a inoculación.



Análisis de datos

Las variables porcentaje de severidad, ABCPE y eficacia de control calculadas para cada uno de los tratamientos fueron analizadas a través de un ANVA (análisis de variancia) y un test LSD mediante el software estadístico Genstat 12th Edition. En el caso del porcentaje de severidad se utilizó el promedio de las tres hojas superiores, a fin de evitar incluir hojas inferiores con senescencia propia del cultivo. Los valores de eficacia de control calculados a lo largo de todas las evaluaciones se ajustaron a distintas funciones con el objetivo de visualizar su evolución a medida que avanzó el ciclo del cultivo. A través de la ecuación del modelo con mejor ajuste se determinó la eficacia media de cada tratamiento, la cual representa el tiempo en días en que la eficacia es reducida al 50%. Por último, se definió a la residualidad de la eficacia de control de cada tratamiento curasemilla como el tiempo en días en que la misma resultó significativa con respecto al tratamiento testigo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tres variables estudiadas (porcentaje de severidad, ABCPE y eficacia de control), existieron diferencias significativas entre *Fechas de evaluación*, *Enfermedades*, *Fungicidas* y en las interacciones dobles *Fecha × Enfermedad*, *Fecha × Fungicida* y *Enfermedad × Fungicida*. Adicionalmente, en las variables porcentaje de severidad y ABCPE, también existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con distintas dosis de *Nitrógeno*; la interacción doble *Enfermedad × Nitrógeno* y las interacciones triples *Fecha × Enfermedad × Fungicida* y *Fecha × Enfermedad*

× Nitrógeno. Por último, también resultó significativa la interacción doble *Fecha × Nitrógeno* para las variables ABCPE y eficacia de control (Tabla 1).

Severidad y Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad

La triple interacción *Fecha × Enfermedad × Fungicida* fue significativa indicando un comportamiento diferencial entre enfermedades según los fungicidas a lo largo de las fechas evaluadas (Tabla 1). Así, por ejemplo para MH los tratamientos fungicidas no tuvieron diferencias significativas con el testigo sin tratar en las dos primeras fechas evaluadas (Tabla 2). En una segunda instancia, durante las fechas 3, 4 y 5 existieron diferencias significativas de los fungicidas con respecto al testigo aunque los mismos no se diferenciaron entre sí. Finalmente se observaron diferencias significativas entre los diferentes fungicidas en las evaluaciones 6, 7 y 8; todos ellos con una menor ABCPE que el testigo. Cabe resaltar que el tratamiento P + S2 presentó de manera significativa los menores valores de ABCPE con respecto a los demás fungicidas en las últimas fechas evaluadas (Tabla 2).

Algo semejante se observó con MA, que no mostró diferencias significativas entre fungicidas en lo que se refiere a ABCPE en la primera fecha evaluada aunque posteriormente siguió el mismo comportamiento que la MH en las demás fechas. En las evaluaciones posteriores, se observaron diferencias significativas entre fungicidas con respecto al testigo los cuales además se diferenciaron entre sí. De igual modo que con MH, el tratamiento P + S2 presentó los menores valores de ABCPE diferenciándose de manera significativa de los demás fungicidas. Particularmente, en esta enfermedad en las últimas fechas, también se di-

Tabla 1: Análisis de varianza del efecto de cuatro tratamientos de fungicidas curasemillas y tres dosis de nitrógeno sobre el porcentaje de severidad y ABCPE causadas por *M. graminicola*, *P. tritici-repentis* y *P. triticina* y la eficacia de control de los mismos en ocho fechas de evaluación.

Fuentes de Variación	GI	Cuadrados medios y valor de P>F		
		% Severidad	ABCPE	Eficacia de Control
Fecha (FE)	7	12609.67 ***	4830079 ***	12997 ***
Enfermedad (E)	2	6917.56 ***	2358950 ***	17604***
Fungicida (FU)	3	749.75 ***	693440 ***	62477***
Nitrógeno (N)	2	92.25 *	69328 ***	126
FE x E	14	2194.53 ***	472039 ***	8816 ***
FE x FU	21	36.61 *	65154 ***	3718 ***
E x FU	6	469.83 ***	197468 ***	5490 **
FE x N	14	28.42	10419 **	3126*
E x N	4	128.08 ***	53150 ***	3067
FU x N	6	4.59	6861	412
FE x E x FU	42	95.23 ***	27429 ***	1991
FE x E x N	28	34.86 *	7556 **	2072
FE x FU x N	42	11.57	1655	1109
E x FU x N	12	17.51	5062	1141
FE x E x FU x N	84	21.20	1416	917
Residual	288	20.94	4039	1563

*, **, y ***, significativo, test de F al nivel P=0.05; 0.01 y 0.001 respectivamente.

Tabla 2: Medias de la interacción Fecha × Enfermedad × Fungicida del ABCPE causada por *M. graminicola*, *P. tritici-repentis* y *P. triticina* con cuatro tratamientos curasemillas y tres dosis de nitrógeno en ocho fechas de evaluación.

ABCPE	Enfermedad	Fungicida	Fecha								Promedio
			1	2	3	4	5	6	7	8	
ABCPE	Mancha de la Hoja	T	4a	44a	89a	139a	237a	389a	493a	1129a	315a
		P	0a	18a	38ab	58b	119b	262b	352b	919bc	221b
		P + S1	0a	15a	35ab	55b	109b	233bc	345bc	932b	215b
		P + S2	0a	5a	14b	26b	61b	165c	279c	855c	176b
		Promedio	1a	20a	44a	69ab	131b	262c	367d	959e	
	Mancha Amarilla	T	14a	121a	211a	261a	343a	449a	682a	1654a	467a
		P	7a	58ab	103b	136b	195b	268b	447b	1241b	307b
		P + S1	10a	54ab	88b	100b	122c	157c	290c	910c	216c
		P + S2	2a	26b	53b	67b	78c	97c	192d	669d	148c
		Promedio	8a	65ab	114b	141b	184bc	243c	403d	1118e	
	Roya de la Hoja	T	0a	5a	12a	26a	53a	109a	162a	338a	88a
		P	0a	5a	11a	21a	40a	80a	125a	297ab	72a
		P + S1	0a	4a	10a	19a	35a	73a	117a	287ab	68a
		P + S2	0a	2a	4a	11a	25a	60a	102a	265b	59a
		Promedio	0a	4a	9ab	19ab	38ab	80b	126b	297c	

Medias seguidas por la misma letra en la misma columna no difieren significativamente LSD: 72.22 (P=0.05). Cada valor resulta del promedio de las dos repeticiones para los tres niveles de nitrógeno (6 datos).

ferenció el tratamiento P + S1 con respecto al tratamiento P (Tabla 2).

El comportamiento de los fungicidas frente a RH, que se expresó con intensidad más tarde que las demás enfermedades, fue diferente. Para dicha enfermedad no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en las primeras 7 fechas evaluadas para el ABCPE (Tabla 2). En cambio se observaron diferencias entre fungicidas con respecto al testigo en la última fecha de evaluación. De igual modo que las otras enfermedades, el tratamiento P + S2 presentó los menores valores de ABCPE diferenciándose de manera significativa de P + S1 y P que no se diferenciaron entre sí (Tabla 2).

En resumen, para la triple interacción *Fecha* × *Enfermedad* × *Fungicida* se observaron en general bajos niveles de enfermedad en las primeras evaluaciones como consecuencia de que las mismas recién comenzaban a desarrollarse, lo que determinó que no se apreciaran grandes diferencias entre los distintos tratamientos curasemillas al comienzo de las evaluaciones. Posteriormente y a medida que se incrementó el nivel de las enfermedades (sobre todo MH y MA) el testigo comenzó a diferenciarse significativamente con respecto a los demás tratamientos, en los que el desarrollo de las mismas estuvo limitado por el efecto fungicida. Por último, a partir de la fecha 5 (MA) y 6 (MH) también se empiezan a percibir diferencias significativas entre los distintos tratamientos con curasemillas. Estas diferencias de ABCPE observadas entre los curasemillas en las últimas fechas pueden ser el resultado de diferencias en la eficacia de control y residualidad de la misma mostrada por cada uno de ellos. Así, el tratamiento P + S2 que incluye la combinación triazol (Triticonazole al 10%) y carboxamida (Flu-

xapyroxad 333g/L) a una mayor dosis (75 cm³.100Kg⁻¹ de semilla) presentó tanto mayor eficacia de control como residualidad de la misma y por lo tanto menores valores de ABCPE en dichas fechas. Estos resultados concuerdan con lo documentado por De Wolf (8), Vroom (28) y Paulsrud *et al.* (16) en los que se menciona que fungicidas aplicados con la dosis completa, conteniendo combinaciones de dos a más clases químicas y con principios activos desarrollados recientemente, en general tienen una mayor eficacia de control y mayor poder residual.

Por otro lado, la fertilización nitrogenada puede tener efectos positivos, negativos o neutros en la severidad de enfermedades dependiendo del ambiente, cultivar y tipo de patógeno. La magnitud y dirección de la influencia del nitrógeno en la severidad de ataque de MH, MA y RH ha sido estudiada con resultados contrastantes. En éste trabajo la triple interacción *Fecha* × *Enfermedad* × *Nitrógeno* resultó significativa, indicando que existieron diferencias en el progreso de las tres enfermedades según los niveles de nitrógeno (Tabla 1). Así, en el caso de RH si bien las diferencias en ABCPE para cada una de las dosis de nitrógeno no llegaron a ser estadísticamente significativas, sí se observó una tendencia a incrementar los valores de ABCPE con las mayores dosis (Tabla 3). Este resultado se debe a que como RH es producida por un patógeno biotrófico (necesitan un hospedante vivo), al incrementarse la disponibilidad de nitrógeno en la planta, se generan tejidos más suculentos y en los que en general se demora la senescencia y por lo tanto se favorecen un mayor desarrollo de la enfermedad. El incremento de la severidad de RH con incrementos en los niveles de nitrógeno en el suelo ha sido observado y reportado en un gran número de estudios

(5, 6, 15). Particularmente en este trabajo la falta de diferencias significativas entre las dosis de fertilización utilizadas podría ser debido a que en general los niveles de la enfermedad fueron bajos, sobre todo en las primeras etapas del cultivo.

Resultados completamente opuestos se observaron con MA en donde los incrementos de fertilización nitrogenada disminuyeron los niveles de ABCPE (Tabla 3). Tales diferencias se observaron a partir de la tercer fecha de evaluación y se hicieron más evidentes en las últimas, donde la menor dosis de nitrógeno (0 KgN.ha⁻¹) presentó los mayores niveles de enfermedad, seguido por la dosis intermedia (90 KgN.ha⁻¹) y finalmente la más elevada (180 KgN.ha⁻¹). Asimismo varios autores (14, 23) encontraron que el incremento en las dosis de nitrógeno retrasó el desarrollo de MA. Según algunos autores, estos resultados sobre los niveles finales de enfermedad podrían no ser causados por efecto directo de mayores dosis de nitrógeno sobre el desarrollo absoluto de la enfermedad sino más bien a través de un retraso en la senescencia de las hojas, como propusieron Bokus & Davis (4).

Finalmente, en MH los valores de ABCPE fueron más bajos con la menor dosis de nitrógeno (0 KgN.ha⁻¹), se incrementan con la dosis de 90 KgN.ha⁻¹ y nuevamente disminuyeron con la mayor dosis (180 KgN.ha⁻¹). Este comportamiento se observa de manera significativa sobre todo en las últimas dos fechas evaluadas (Tabla 3). Con respecto al efecto que tiene la fertilización nitrogenada sobre el desarrollo de MH, existen trabajos (12, 22, 19) que señalan que altos niveles de nitrógeno podrían aumentar la severidad debido a un incremento en la biomasa, lo cual promueve un microclima propicio para el desarrollo de la enfermedad. Sin embargo, en los mis-

mos en general no se analiza el efecto de diferentes dosis. Resultados obtenidos tanto por Fleitas *et al.* (9) como Ishikawa *et al.* (13), donde fue tenido en cuenta dicho factor, presentaron resultados similares a los obtenidos en este trabajo. Dichos investigadores sostienen que partiendo de bajas dosis de nitrógeno, la enfermedad aumenta con incrementos en la disponibilidad del nutriente hasta un umbral, es decir una dosis de nitrógeno óptima (para el desarrollo de la enfermedad) a partir de la cual el vigor generado por una mayor cantidad de nitrógeno disponible en la planta hace que la severidad de la enfermedad disminuya.

Eficacia de control y su residualidad

Se observaron diferencias significativas en la eficacia de control de los tratamientos curasemillas para la interacción *Fecha × Enfermedad*, indicando que la misma difirió entre enfermedades y entre fechas evaluadas (Tabla 1). Así, por ejemplo en la primera fecha de evaluación la eficacia de control fue significativamente mayor en MH con respecto a MA y RH, las que no se diferenciaron entre sí. En segunda instancia, desde la segunda y hasta la quinta fecha de evaluación la eficacia de control no presentó diferencias significativas, siendo similar en las tres enfermedades. En este periodo se observó una caída significativa de la eficacia de control de los tratamientos curasemillas frente a MH, mientras que la misma permaneció relativamente estable en las dos enfermedades restantes con respecto a la primer fecha evaluada. Por último, en las tres últimas fechas se observaron nuevamente diferencias significativas de eficacia de control entre las tres enfermedades. Pero en este caso las mayores eficacias se dieron en MA, seguida de RH y por último MH (Fig. 4).

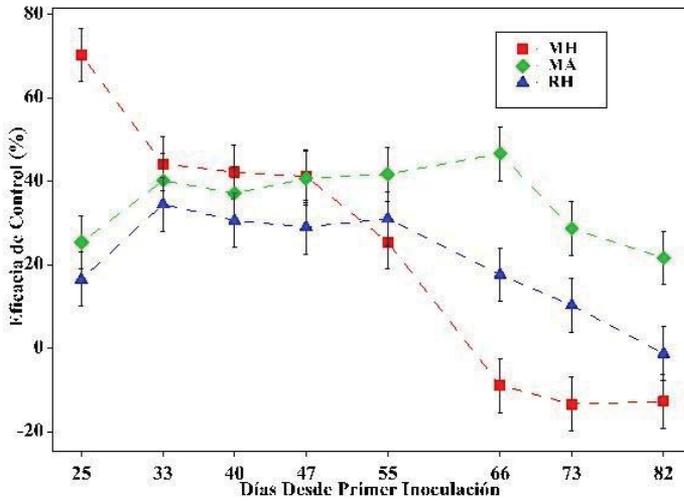


Fig. 4: Interacción Fecha x Enfermedad para Eficacia de Control promedio de tres tratamientos curasemillas en ocho fechas de evaluación. Barras superpuestas entre fecha o enfermedades no difieren de manera significativa ($P=0.05$).

Las máximas eficacias de control se lograron sobre MH, alcanzando valores cercanos al 70 % en la primera fecha de evaluación con respecto al testigo. Probablemente como consecuencia de las altas tasas de control observadas en las primeras fechas de evaluación, a partir de la cuarta fecha los valores de la misma decaen en forma más rápida que en las otras dos enfermedades. Este comportamiento implica que el mayor control temprano de MH estuvo asociado con una menor residualidad de la eficacia a través del tiempo. A pesar de que la eficacia de control en MH en las últimas fechas decae de manera significativa respecto a las primeras, las diferencias de ABCPE finalizando el ciclo del cultivo continuaron siendo significativas con respecto al testigo. Esto como consecuencia de la reducción en los niveles de enfermedad generada en las primeras fechas, donde los controles de MH por parte de los fungicidas resultaron

ser los más altos comparados con el resto de las enfermedades.

La eficacia de control en RH y MA presentó mayor estabilidad respecto a MH aunque con valores iniciales significativamente menores, decayendo recién de manera significativa a partir de la sexta y séptima fechas de evaluación respectivamente. Es decir, las eficacias de control en principio fueron más bajas pero su residualidad perduró de manera más sostenida en el tiempo. Por último, se destacan los bajos valores de eficacia de control que en promedio presentaron los distintos tratamientos curasemillas en el control de RH. Este resultado no concuerda con diferentes trabajos que sostienen que las carboxamidas y específicamente el Fluxapyroxad presentan excelentes controles principalmente de royas (2, 24). Una posible explicación es que debido a que el desarrollo de la enfermedad fue escaso, los errores en la evaluación de

los niveles de la enfermedad en general son mayores.

Por otro lado, existieron diferencias significativas de eficacia de control para la interacción *Enfermedad × Fungicida* (Tabla 1). En la Fig. 5 se observa un comportamiento diferencial de eficacia entre fungicidas dependiendo de la enfermedad. En general en todas las enfermedades los tratamientos curasemillas se diferenciaron significativamente del testigo sin tratar. Tanto MA como RH fueron controladas con mayor eficacia por los tratamientos conteniendo la mezcla triazol y carboxamida, siendo a su vez el de mayor dosis (P + S2) el que logró las mayores eficiencias de control. Para MH sin embargo, no se observaron diferencias significativas en eficacia de control entre los tres tratamientos curasemillas utilizados, aunque también se observó una tendencia a favor del tratamiento P + S2.

Analizando el desempeño de cada fungicida frente a las tres enfermedades, se observa que el uso del triazol sólo (P) pre-

sentó mayores eficacias de control en MH, seguido por MA y finalmente RH. En tanto que los tratamientos en los que se utilizó el triazol y la carboxamida combinados (P +S1 y P + S2) presentaron mayores eficacias de control sobre MA, seguida de RH y MH.

Adicionalmente, existieron diferencias significativas de eficacia de control en la interacción *Fecha × Fungicida* (Tabla 1). En la Fig. 6, se observan las medias de dicha interacción indicando diferencias de eficacia entre fungicidas a lo largo de las fechas evaluadas. En general se observó que los tratamientos compuestos por la mezcla de triazol mas carboxamida (P + S1 y P + S2) presentaron una mayor eficacia de control. A su vez también existió un efecto de la dosis utilizada, ya que el tratamiento P +S2 difirió significativamente de P+S1, lo cual también ha sido señalado por otros autores (8). En todos los tratamientos curasemillas la disminución de la eficacia de control a lo largo de las primeras cinco fechas eva-

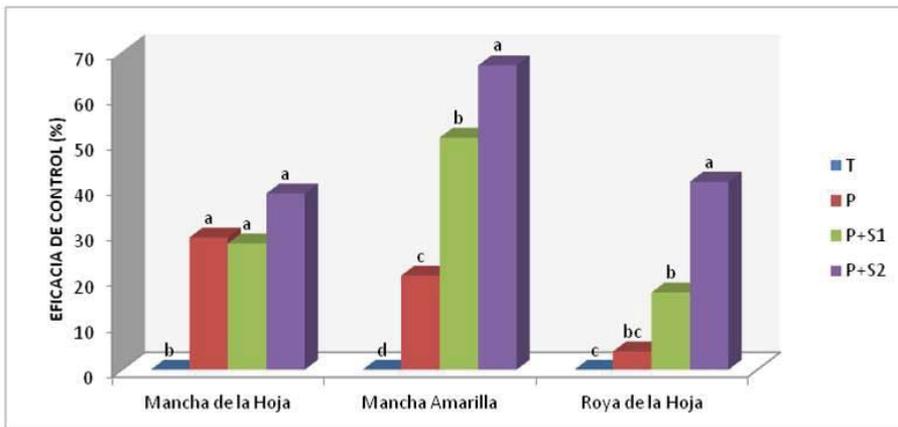


Fig. 5: Interacción *Fungicida × Enfermedad* para Eficacia de Control promedio de tres enfermedades en ocho fechas de evaluación. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno no difieren significativamente LSD ($P=0.05$).

luadas no fue significativa, luego de lo cual se nota una disminución importante en la misma.

En lo que refiere a la residualidad de la eficacia de los distintos tratamientos de semilla, también se registraron diferencias significativas. En el caso del tratamiento en el que se utilizó solo triazol (P), la eficacia permaneció significativa con respecto al testigo hasta la quinta fecha de evaluación, aproximadamente 55 días desde la primer inoculación. Mientras que para los dos tratamientos restantes, compuestos por la mezcla triazol y carboxamida (P + S1 y P + S2), la misma presentó diferencias significativas respecto al testigo hasta la sexta fecha de evaluación, alcanzando los 66 días luego de la primer inoculación. Respecto a estos resultados cabe destacar que mas allá de que la residualidad de eficacia de control se encuentra relacionada con la residualidad propia del producto fungicida (la efica-

cia residual disminuye a medida que disminuye la concentración activa del fungicida), que la eficacia de control residual permanece siendo significativa con respecto al testigo hasta una fecha determinada no significa que aún exista residualidad propia del principio activo del fungicida. La significancia de la eficacia de control en ese punto puede ser causa de las diferencias en los niveles de enfermedad entre el tratamiento curasemillas y el testigo, logradas en los momentos en los que aún el fungicida tenía efectos sobre el patógeno en cuestión.

Por último, en la Fig. 6 se observa que los distintos fungicidas también difieren en la cantidad de días en que la disminución en la protección se hace evidente, como así también en la tasa de caída luego de ese punto de inflexión. Mientras en el tratamiento P + S2 el punto de inflexión recién se observa en la quinta fecha de evaluación, a los 55 días post inoculación, en los otros

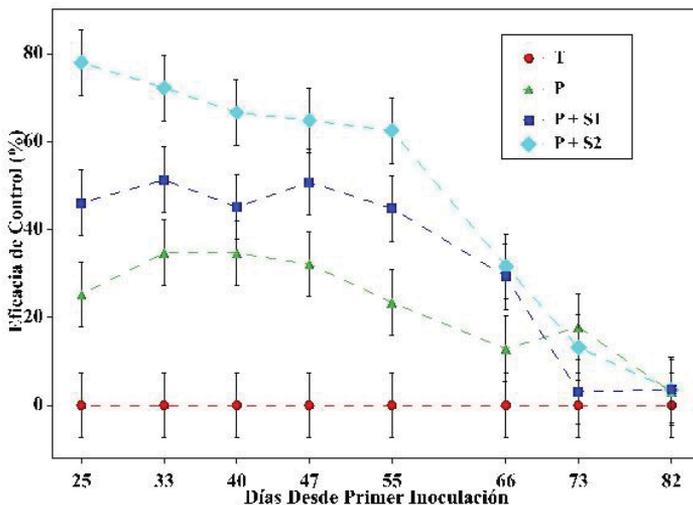


Fig. 6: Interacción Fecha × Fungicida para Eficacia de Control promedio de tres enfermedades en ocho fechas de evaluación. Barras superpuestas entre fechas o tratamientos difieren de manera significativa ($P=0,05$).

dos tratamientos (P y P + S1) dicho punto se registra a los 47 días, en la cuarta fecha de evaluación. Estos resultados en la evolución de la residualidad de la eficacia de control, concuerdan con resultados similares entre carboxamidas y triazoles reportados por Daniels & Latin (7). Con respecto a la tasa de caída de la eficacia luego del punto de inflexión sucede lo contrario, son los tratamiento P y P + S1 los que presentan las menores tasas con respecto al tratamiento mezcla y en dosis completa.

Por otro lado, como ya ha sido mencionado la eficacia residual media se define como el tiempo en días en que tarda en reducirse al 50% la eficacia de control de un fungicida. Para el cálculo de la misma en los tratamientos curasemillas utilizados se ajustó un modelo a los valores de eficacia residual obtenidos durante el ciclo del cultivo. El modelo que presento el mejor ajuste a los datos resulto ser, como se observa en la tabla 6, un modelo de tipo cuadrático.

Como se observa en la Tabla 6, la eficacia media no presentó gran variación entre los tratamientos, variando en solo tres días. El tratamiento P presentó la mayor eficacia media de control respecto a los tratamientos en los que se utilizó la mezcla. Esto podría ser consecuencia de la menor eficacia de control de P durante las primeras etapas del cultivo, lo que le permitió mantenerla de manera más sostenida en el tiempo con respecto a los dos restantes tratamientos. En el caso particular de P + S2, sus eficacias iniciales de control son muy altas, resultando dificultoso que se puedan mantener durante tiempos muy prolongados.

Finalmente también la interacción *Fecha* × *Nitrógeno* fue significativa (Tabla 1). El nitrógeno a lo largo de las fechas evaluadas tuvo efectos contrastantes sobre la eficacia de control no pudiéndose establecer

una tendencia clara. En algunas fechas las mayores eficacias del promedio de fungicidas se relacionan con la dosis más bajas de nitrógeno, mientras que en otras las mayores eficiencias se asocian con la dosis de nitrógeno intermedia (90 KgN.ha⁻¹). Estos resultados tienen relación con el hecho de que el nitrógeno provocó diferentes efectos según la enfermedad de que se trate.

CONCLUSIÓN

Todos los tratamientos curasemillas utilizados demuestran tener efectos de control sobre MA, RH y MH en el cultivo de trigo.

La eficacia inicial de control del promedio de los fungicidas resulta ser mayor en MH respecto a MA y RH, aunque decae más rápido lo largo de las fechas evaluadas en dicha enfermedad comparada con las dos restantes.

Las enfermedades MA y RH son controladas con mayor eficacia por los tratamientos en los que se utiliza la mezcla triazol más carboxamida, especialmente en el de mayor dosis. El control de MH sin embargo, no presenta diferencias significativas entre tratamientos.

Los fungicidas con triazol más carboxamida también presentan mayor residualidad de su eficacia respecto al tratamiento solo con triazol y similar eficacia media. La fertilización nitrogenada afecta de manera significativa y diferencial el desarrollo de las tres enfermedades evaluadas. En RH se observa una clara tendencia al incremento de la severidad con el incremento de la dosis. En MA mayores dosis de nitrógeno disminuyeron significativamente los niveles de la enfermedad en el cultivo, mientras que MH alcanza su máximo desarrollo con la dosis de nitrógeno intermedia.

La fertilización nitrogenada no modifica significativamente la eficacia de control de los distintos curasemillas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 **ALBERIONE, E.; BAINOTTI, C.; FRASCHINA, J.; SALINES, J.; DONAIRE, G.; GÓMEZ, D. & REARTES, F.** 2014. Caracterización sanitaria de cultivares de trigo con control químico de enfermedades foliares. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_mj_enf-trigofoliares14.pdf. Último acceso: Febrero de 2016.
- 2 **ANNONE, J.G. & GARCÍA, R.** 2004. Las principales manchas foliares del trigo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); Revista Idia XXI N° 6 Junio 2004. 58-64p.
- 3 **ARREGUI, M. C. & PURICELLI, E.** 2013. Mecanismos de acción de plaguicidas. 1ra Ed. Rosario: UNR Editora. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario. 268p.
- 4 **BOCKUS, W.W. & DAVIS, M.A.** 1993. Effect of nitrogen fertilizers on severity of tan spot of winter wheat. *Plant Disease* 77: 508-510.
- 5 **BOQUET, D.J. & JOHNSON, C.C.** 1987. Fertilizer effects on yield, grain composition, and foliar disease of double crop soft red winter wheat. *Agronomy Journal*, 79: 135-141.
- 6 **DANIEL, D.L. & PARLEVIET, J.E.** 1995. Effects of nitrogen fertilization on disease severity and infection type of yellow rust on wheat genotypes varying in quantitative resistance. *Journal of Phytopathology*, 143: 679-681.
- 7 **DANIELS, J. & LATIN, R.** 2013. Residual efficacy of fungicides for controlling brown patch on creeping bentgrass fairways. *Plant Disease*, 97: 1620-1625.
- 8 **DE WOLF, B.** 2012. Kansas State Scientist on Wheat Rust Diseases: Correctly Identifying if Fungicides Needed – or Not – is Important. Kansas State University. Disponible en: http://www.ksre.ksu.edu/news/story/wheat_rust041912.aspx, Último acceso: Junio de 2015.
- 9 **FLEITAS, M.C.; CASTRO, A.C. & SIMÓN, M.R.** 2012. Efecto de la mancha de la hoja sobre la calidad del grano de trigo. Como influencia en las variables alveográficas y farinográficas de la calidad panadera. Editorial Académica Española Ed. Saarbrücken, Alemania. 70p.
- 10 **FORMENTO, A.N.** 2006. Asociación entre severidad de la roya de la hoja del trigo (*Puccinia triticina*) y componentes del rendimiento. XII Jornadas Fitosanitarias Argentinas, Catamarca. Resumen pp. 320-321.
- 11 **FORMENTO, N. & BURNE, Z.** 2001. Efecto de Fungicidas Curasemillas sobre Drechslera tritici-repentis en Estados Tardíos del Trigo. Disponible: http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/trigo/semillas/20823_010901_efec.htm. Último acceso: Marzo de 2015.
- 12 **HOWARD, D.D.** 1994. Nitrogen and fungicide effects on yield components and disease severity in wheat. *Journal of Production Agriculture* 7: 448-454.
- 13 **ISHIKAWA, S.; HARE, M.C. & KETTKEWELL, P.S.** 2012. Effects of strobilurin fungicide programmes and fertilizer nitrogen rates on winter wheat: severity of *Septoria tritici*,

- leaf senescence and yield. *Journal of Agriculture Science* 150: 411–426.
- 14 **KRUPINSKY, J. M. Y TANAKA, D.L.** 2001. Leaf spot diseases on winter wheat influenced by nitrogen, tillage and haying after a grass-alfalfa mixture in the conservation reserve program. *Plant Disease* 85:785-789.
- 15 **PASTORE, M.** 2009. Efecto de la fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas sobre la severidad de la roya de la hoja, mancha de la hoja y mancha amarilla en trigo. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de la Plata, La Plata, Argentina. 83p.
- 16 **PAULSRUD, B.E.; MONTGOMERY, M.; BRETTHAUER, S. & MONTGOMERY, N.** 2005. Characteristics of fungicides used in field crops. Report on Plant Disease. Department of Crop Sciences. Disponible en: [// ipm.illinois.edu/diseases/rpds/1002.pdf](http://ipm.illinois.edu/diseases/rpds/1002.pdf). Último acceso: Junio de 2015.
- 17 **PICININI, E.C. & FERNÁNDEZ, J.M.** 2003. Efeito do tratamento de sementes com fungicida sobre o controle de doenças na parte aérea do trigo. *Fitopatologia Brasileira* 28:515-520.
- 18 **REIS, E.M.; MOREIRA, E.N.; CASA, R.T. & BLUM, M.M.C.** 2008. Eficiência e persistência de fungicidas no controle do oídio do trigo via tratamento de sementes. *Summa Phytopathologica* 34(4):371-374.
- 19 **ROBERTS, R.K. WALTERS, J.T.; LARSON, J.A.; ENGLISH, B.C. & HOWARD, D.D.** 2004. Effect of disease, nitrogen source, and risk on optimal nitrogen fertilization timing in winter wheat production. *Agronomy Journal* 96:792-799.
- 20 **RUDEN, K.** 2012. Managing crop diseases with seed treatments. *Plant Science*. Disponible en: <http://igrow.org/up/resources/03-3001-2012.pdf>. Último acceso: 27 de mayo de 2015.
- 21 **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.
- 22 **SIMÓN, M.R.; CORDO, C.; PERELLÓ, A. E. Y STRUIK, P.** 2003. Influence of nitrogen supply on the susceptibility of wheat to *Septoria tritici*. *Journal of Phytopathology - Phytopathologische Zeitschrift* 151: 283 – 289.
- 23 **SIMÓN, M.R.; AYALA, F.; TERRILE, I.; GOLIK, S.; PERELLÓ, A.; CORDO, C.A. & CHIDICHIMO, H.** 2011. Integrated foliar disease management to prevent yield loss in Argentinean wheat production. *Agronomy Journal* 103: 1441-1451
- 24 **SLAFER, G.A. & RAWSON, H.M.** 1994. Sensivity of wheat phasic development to major environmental factors: A re-examination of some assumptions made by physiologists and modelers. *Australian Journal of Plant Physiology* 21: 393-426.
- 25 **SMILEY, R.; COOK, R.J. & PAULITZ, T.** 2002. Seed Treatments for Small Grain Cereals. Disponible en: <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/12124/EM%208797.pdf?sequence=3>. Último acceso: Junio de 2015.

- 26 SMITH, J.; GRIMMER, M.; WALTERHOUSE, S. Y PAVELEY, N.** 2013. Quantifying the non-fungicidal effects of foliar applications of fluxapyroxad (Xemium) on stomatal conductance, water use efficiency and yield in winter wheat. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 78: 523–535.
- 27 VARGA, B.; SVECNJAK, Z.; MACESIC, D. Y UHER, D.** 2005. Winter wheat cultivar responses to fungicide application are affected by nitrogen fertilization rate. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191: 130-137.
- 28 VROOM, J.** 2013. The Role of Seed Treatment in Modern U.S. The review of benefits. CropLife Foundation. Disponible en: http://www.minnesotafarmguide.com/news/crop/the-role-of-seed-treatment-in-modern-u-s-crop/pdf_85a4a3a6-5ebb-11e3-be43-001a4bcf887a.html. Último acceso: Julio de 2015.
- 29 WEISE, M.V.** 1977. *Compendium of Wheat Diseases*. American Phytopathology Society Press, SI. Paul. pp. 11-17.
- 30 ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T. Y KONZAK, C.F.** 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 451-421.