

APLICACIÓN DE FUNGICIDAS Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN AVENA: EFECTOS SOBRE LA GENERACIÓN DE BIOMASA AÉREA Y RENDIMIENTO

DIETZ, J. I.^{1,2}; SCHIERENBECK, M.^{1,2};

MARTINEZ, N.¹ & SIMON, M. R.^{1,3}

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada (N) y la aplicación de fungicidas sobre la severidad causada por enfermedades foliares, índice de área foliar, biomasa aérea y rendimiento en avena. Se condujo un ensayo en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), UNLP, con diseño experimental en parcela sub-sub-sub dividida y tres repeticiones, siendo la parcela principal: dos ambientes (2011-2014), la sub-parcela: los tratamientos con y sin fungicidas, la sub-sub-parcela: los tratamientos con 0 y 60 kg N.ha⁻¹; y la sub-sub-sub-parcela: tres genotipos (Líneas 5 y 6 de la FCAyF, y Bonaerense INTA Calén). La aplicación de fungicida disminuyó la severidad y la fertilización N la aumentó en EC8.2, estadio en que la roya de la hoja incrementó sus valores. En dicho estadio, el fungicida ejerció un mejor control en el tratamiento sin N. Tanto la aplicación de fungicida como de N incrementaron el índice de área foliar, la biomasa aérea y el rendimiento. Las Líneas 5 y 6 presentaron un menor nivel de enfermedad, mayor biomasa y rendimiento que Calén.

Palabras clave: triazoles–estrobilurinas, nitrógeno, biomasa, rendimiento, *Avena sativa*.

ABSTRACT

Fungicide applications and nitrogen fertilization in oat.

The present study was designed to determine the effect of nitrogen fertilization (N) and fungicide applications on the severity caused by foliar diseases and its effects on the leaf area index, biomass production and yield in oat. Field experiments were carried out in at the Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), UNLP, using a split-split-split-plot design with three replications. The main plots were two environments: 2014–2015, the subplots were the treatments: with and without fungicide, the sub-plots were the treatments with 0 and 60 kg N.ha⁻¹. The sub-subplots were three oats genotypes (L5 and L6 from FCAyF and Bonaerense INTA Calén). Fungicide applications caused a reduction on the severity of the diseases and N tended to

1.- Cerealicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP). 60 y 119. C.C. 31. La Plata, Provincia de Buenos Aires.

2.- CONICET, CCT La Plata, Argentina. Email: juanidietz@hotmail.com

3.- CIC Provincia de Buenos Aires.

Manuscrito recibido el 28 de julio de 2016 y aceptado para su publicación el 11 de agosto de 2016.

increase % severity at growth stage (GS) 82, GS where leaf rust was preponderant. At this GS there was a better control produced by the fungicide without N applications. Both the fungicide and the N application increase leaf area index, biomass and grain yield. L5 and L6 genotypes showed lower severity values and higher biomass and yield production than INTA Calén.

Key words: triazols–strobilurins, nitrogen, biomass, yield, Avena sativa.

INTRODUCCIÓN

La avena (*Avena sativa* L.) es un cultivo de importancia debido a la diversidad de usos y tipos de productos que pueden obtenerse: grano, forraje verde, forraje conservado (heno y ensilaje), doble propósito (verde-grano) y uso del rastrojo. En Argentina se cultivan aproximadamente 1,3 millones de hectáreas, destinándose la mayor parte para uso forrajero. La provincia con mayor superficie de cultivo es Buenos Aires, seguida por La Pampa y Córdoba.

El manejo de adversidades es fundamental para obtener cultivos con altos rendimientos y calidad. Tanto la biomasa como la calidad de forraje y grano son afectadas por patógenos fúngicos, siendo las royas las enfermedades más ampliamente conocidas y destructivas de este cereal. Estas se presentan en casi todas las áreas del mundo en donde se cultiva avena, afectando a cualquier parte de la planta que se encuentre sobre la superficie del suelo, desde la etapa de plántula hasta el llenado de grano (17). Se destaca la «roya de la hoja» (*Puccinia coronata f. sp. avenae* P. Syd & Syd) como la enfermedad fúngica más importante en el mundo. Las pérdidas provocadas por roya de la hoja pueden llegar al 32 % de la materia seca y a un 26 % en producción de grano (10).

Otro de los patógenos de importancia que afecta al cultivo es *Pyrenophora ave-*

nae Ito et Kurib, anamorfo *Drechslera avenae* (Eidam) Sharif (causal de mancha de la hoja). Un aspecto fundamental para el manejo de las enfermedades foliares (principalmente roya de la hoja), es el uso de variedades resistentes; sin embargo, la mayoría de los cultivares de avena disponibles en nuestro país se comportan como moderadamente resistentes a susceptibles. Un método usual de control es la aplicación de fungicidas del grupo de los triazoles y estrobilurinas, que permiten controlar los patógenos, reduciendo las pérdidas de rendimiento.

El agregado de fertilizantes nitrogenados (N) es otra de las prácticas difundidas en el cultivo. La fertilización N produce un rápido crecimiento y un gran aumento de producción de materia seca, y la respuesta varía básicamente de acuerdo a la fuente de N empleada, el momento de aplicación, la dosis y contenido de humedad y nitratos del suelo (4). Sin embargo, una mayor dotación de N puede favorecer el desarrollo de enfermedades biotróficas como las royas (15).

La información sobre el efecto conjunto que ejerce la fertilización N sobre las enfermedades foliares de la avena y la acción que ejercen los fungicidas en el control de las mismas es escasa. En un estudio realizado por Soovali *et al.* (2010), se demostró que aumentos en los niveles de fertilización N, incrementaron la intensidad de *Puccinia coronata* y *Pyrenophora avenae*. Sin embargo, cuando distintas dosis de ferti-

zación N y protección con fungicidas fueron combinados, se observó una disminución en la intensidad de *Puccinia coronata*, producto del control sobre los patógenos foliares (15). Investigaciones realizadas en trigo sugieren que la interacción entre el N y las enfermedades foliares es compleja, ya que el nivel de severidad de la enfermedad y sus efectos sobre el rendimiento dependerán de la situación nutricional del cultivo, del hábito nutricional del patógeno que predomine y del estadio del cultivo (5).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos dosis de fertilización N (0 kgN.ha⁻¹ y 60 kgN.ha⁻¹) y aplicación de fungicidas combinados (triazol-estrobilurina), sobre la severidad de las enfermedades foliares, índice de área foliar (IAF), biomasa aérea, rendimiento y sus componentes en tres genotipos de avena; dos de ellos (L5 y L6) líneas obtenidas por el Criadero de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP) y un cultivar comercial (Bonaerense INTA Calén).

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos climáticos y de suelo

El ensayo se llevó a cabo durante 2011 y 2014 en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina (34° 52' LS; 57° 58' LO). Durante el ciclo del cultivo se registró diariamente la temperatura media, precipitaciones, humedad relativa y radiación incidente en la estación meteorológica situada a 200 m de los ensayos (Tabla 1). El suelo fue un Argiudol típico (Serie Los Hornos) con los siguientes resultados de análisis: 0-20 cm: Materia orgánica 3,44 %; Nitrógeno 0,19 %; Nitratos 18,7 ppm; Fósforo 16 ppm, pH 5,8. 20-40cm: Nitratos 10 ppm, pH 5,7.

Tabla 1: Datos climáticos registrados durante los ensayos

	2011				2014			
	T°C media	Precip. (mm)	HR (%)	Rad (Watt/m ²)	T°C Media	Precip. (mm)	HR (%)	Rad (Watt/m ²)
Junio	10,1	129,8	77	1758,1	10,2	59	82	1896,1
Julio	8,9	98,7	73	2031,7	10,5	133,8	78	2038
Agosto	9,7	56	76	2260	12,7	62,4	68	2396
Septiembre	13,7	21,4	64	3665,1	14,1	94,2	74	3150
Octubre	15,2	60,4	73	4239,2	18,1	171,8	71	4128
Noviembre	20,3	81,8	64	5586,1	18,9	127,4	65	4975
Diciembre	20,4	58,6	68	5852,6	21,5	41	64	5634

Temperatura media (T°C), precipitaciones (Precip.), humedad relativa (HR) y radiación (Rad).

Preparación suelo y diseño del ensayo

Se utilizó un diseño de parcelas sub-sub-sub divididas con tres repeticiones. La parcela principal correspondió al ambiente (años), la sub-parcela al tratamiento con y sin fungicida, la sub-sub-parcela fue la dosis de fertilizante N y la sub-sub-sub-parcela los genotipos. Las parcelas experimentales fueron de 5,50 m de largo y 1,40 m de ancho, siendo la superficie de cada una 7,70 m². La preparación del suelo consistió en una labranza convencional mediante disco, raspa y rolo. En las parcelas se realizó barbecho químico con glifosato para control total de las malezas. En pos-emergencia temprana se aplicaron 100 cm³ de Misil® (dicamba 48 % –metsulfuron metil 60 %).

La siembra se realizó el 15 de junio de 2011 y el 25 de junio de 2014, con una sembradora experimental a 20 cm entre líneas y con una densidad de 250 pl.m⁻², aplicándose 50 kg.ha⁻¹ de fósforo, como superfosfato triple. Se utilizaron dos líneas del criadero de la FCAYF, Línea 5 (L5) y Línea 6 (L6) y un cultivar comercial, Bonaerense INTA Calén (Calén). Las líneas se encontraban en filiales avanzadas del criadero y habían demostrado buena aptitud en rendimiento de pasto y grano, además de un buen comportamiento sanitario; en tanto que, la variedad comercial fue seleccionada por encontrarse entre las mejores variedades en producción de grano y presentar una moderada resistencia a roya de la hoja y del tallo.

En el tratamiento con fungicida (CF) se utilizó una mezcla de un triazol y una estrobilurina (epoxiconazole 50 g.l⁻¹ y pyraclostrobin 133 g.l⁻¹). El producto fue aplicado en dos estadios de crecimiento (EC): pleno macollaje (EC2.3) (16) y hoja bandera desplegada (EC3.9) mediante una mochila de gas carbónico con pastillas de abanico plano. El

volumen aplicado fue de 140 l.ha⁻¹ con una dosis de 1 l.ha⁻¹ de producto (recomendada por marbete). Los tratamientos de fertilización N fueron: fertilizado con 60 kg N.ha⁻¹ (N60), incorporados con urea granulada, dividiendo la aplicación mitad en siembra y mitad en EC2.3 y sin fertilizante (N0).

Evaluaciones

Se realizaron evaluaciones en los estadios EC3.9, EC6.0 (inicio de floración) y EC8.2 (grano pastoso). Las evaluaciones consistieron en la determinación de la severidad (necrosis y clorosis) mediante estimación visual, expresada como porcentaje de lesión cubierta por las enfermedades foliares. La severidad se midió en siete a diez plantas tomadas al azar en cada parcela.

Se evaluó la biomasa aérea en los mismos estadios, para lo cual se extrajeron 1,50 m lineales de plantas en cada parcela, se eliminaron las raíces y se pesó, obteniendo de esa manera el peso húmedo (materia verde). Posteriormente, se secó una sub-muestra en estufa a 60 °C por 72 h hasta peso constante y se determinó la materia seca aérea. El índice de área foliar (IAF) se determinó mediante el conteo de macollos en 2 m lineales de cada parcela y la medición (largo y ancho) de todas hojas con al menos una porción de tejido verde de un total de siete macollos y teniendo en cuenta un factor de forma de 0,835 (8).

Se determinaron a cosecha los componentes de rendimiento: el número de panojas (NP) mediante el conteo en tres fracciones de 1 m lineal en cada parcela y el número de granos por panoja (NGP) por trilla de 20 panojas de cada parcela que fueron utilizados para calcular el número de granos por m² (NGT). Por su parte, el peso de mil granos (PMG) se calculó mediante el

conteo y peso de los granos obtenidos por la trilla de 20 panojas. Asimismo se cosechó por parcela y repetición un surco de 5,50 m (1,10 m²) como estimador del rendimiento a cosecha. El análisis de datos se realizó mediante un ANAVA para parcelas sub-sub-sub divididas mediante el programa GenStat 12th Edition. Las medias se compararon mediante el test LSD (P=0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones climáticas del año 2014 (temperatura media, precipitaciones y humedad relativa), principalmente de los meses de septiembre y octubre, fueron más propicias para el desarrollo de enfermedades foliares que en 2011, observándose como resultado mayores porcentajes de severidad. La severidad en EC3.9 fue influenciada por la interacción *Año x Fungicida* (Tabla 2), explicada porque en el

Tabla 2: ANOVA de Severidad e IAF en tres estadios de desarrollo (EC3.9: hoja bandera, EC6.0: inicio de floración y EC8.2: grano pastoso), de un ensayo con dos tratamientos de fungicidas, dos dosis de fertilización nitrogenada y tres genotipos de avena.

Fuente de Variación	G.L.	Severidad EC39	Severidad EC60	Severidad EC82	IAF EC39	IAF EC60	IAF EC82
Año (A)	1	(0,064)	(0,011)	(0,087)	(0,027)	(0,050)	(0,021)
Error A	2	0,96	0,36	1,08	1,491	1,145	0,181
Fungicida (Fu)	1	(0,130)	(<0,001)	(0,001)	(0,019)	(0,018)	(0,014)
A x Fu	1	(0,032)	(<0,001)	(0,002)	(0,027)	(0,086)	(0,035)
Error B	4	0,60	0,06	0,48	0,087	0,474	0,559
Fertilizante (Fe)	1	(0,923)	(0,390)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)
A x Fe	1	(0,849)	(0,068)	(0,512)	(0,028)	(0,020)	(0,027)
Fu x Fe	1	(0,413)	(0,385)	(0,001)	(0,439)	(0,334)	(0,008)
A x Fu x Fe	1	(0,339)	(0,175)	(0,213)	(0,399)	(0,552)	(0,039)
Error C	8	0,53	0,19	0,38	0,43	0,244	0,060
Genotipo (Ge)	2	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)
A x Ge	2	(<0,001)	(0,002)	(<0,093)	(<0,001)	(0,038)	(0,074)
Fu x Ge	2	(0,134)	(0,051)	(0,807)	(0,019)	(0,044)	(0,389)
Fe x Ge	2	(0,581)	(0,606)	(0,001)	(0,173)	(0,398)	(0,513)
A x Fu x Ge	2	(0,378)	(0,593)	(0,839)	(0,039)	(0,008)	(0,123)
A x Fe x Ge	2	(0,237)	(0,335)	(0,067)	(0,025)	(0,034)	(0,767)
Fu x Fe x Ge	2	(0,662)	(0,025)	(<0,001)	(0,037)	(0,428)	(0,735)
A x Fu x Fe x Ge	2	(0,613)	(0,862)	(0,364)	(0,30)	(0,052)	(0,857)
Error D	32	0,19	0,15	0,39	0,357	0,745	0,452
Total	71						

año de mayor severidad de enfermedades (2014) la aplicación de fungicida redujo significativamente la severidad desde 38,1 % a 21,6 %, mientras que en 2011 la reducción fue menor (16,2 % a 13,4 %), no presentando diferencias significativas. Asimismo se detectaron diferencias significativas para la interacción *Año x Genotipo* (Tabla 2). En 2011, sin condiciones predisponentes, los genotipos no presentaron diferencias en severidad, siendo los valores de 19,5 %, 10,8 % y 14,1 % para L5, L6 y Calén respectivamente. Sin embargo, en 2014, Calén fue el genotipo más afectado por las enfermedades foliares (47,8 %), incrementando sus valores significativamente respecto a 2011, y diferenciándose de L5 (19,5 %) y L6 (10,8 %) (Fig. 1).

En EC6.0 las observaciones a campo determinaron predominancia de *Drechslera avenae* y en EC8.2 de *Puccinia coronata*.

La interacción *Fungicida x Fertilizante x Genotipo* resultó significativa para EC6.0 y EC8.2 (Tabla 2). En EC8.2 la aplicación del fungicida disminuyó la severidad en todos los genotipos, excepto en Calén con N0, siendo el control superior en L5 y L6. La fertilización N incrementó el % de severidad en los tres genotipos en los tratamientos SF, siendo significativo en L6 (55,3% N0 vs 74,1% N60) y Calén (91,6% N0 vs 99,6% N60) (Fig. 2). Coincidiendo con estos resultados, Soovali *et al.* (15) concluyeron que la disminución de la severidad de las enfermedades lograda con tratamientos con fungicidas fue consistente y que incrementos en la fertilización nitrogenada en ausencia de fungicidas conduce a un incremento en la intensidad de *Puccinia coronata*.

La interacción *Fungicida x Fertilizante x Genotipo* resultó significativa para IAF en EC3.9 (Tabla 2).

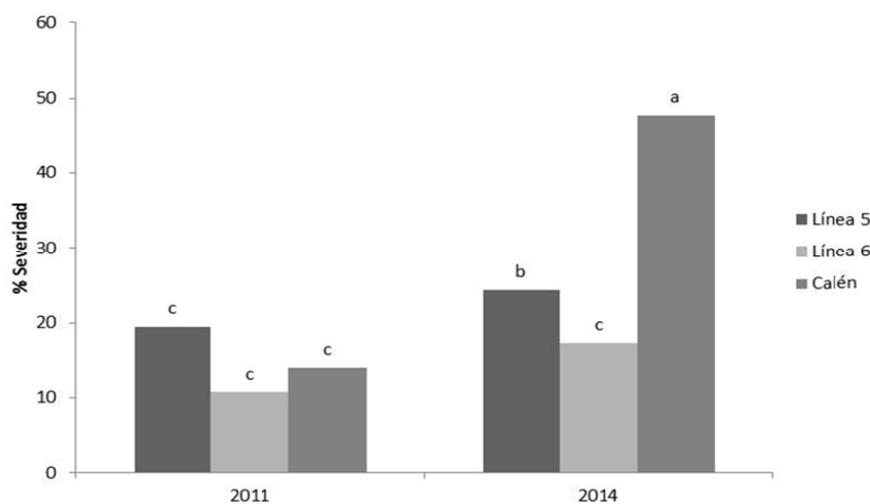


Figura 1: Medias de los valores de severidad (% Severidad) en EC3.9, para la interacción *Año x Genotipos*, de un ensayo con dos tratamientos de fungicidas, dos dosis de fertilización nitrogenada y tres genotipos de avena. Letras diferentes muestran diferencias significativas a través de los tratamientos (LSD, $p < 0,05$).

El agregado de fertilizante tendió a incrementar el IAF en todos los tratamientos, aunque fue significativo en L5 CF y SF, en L6 SF y en Calén CF. Así, el mayor incremento se dio en L5 y Calén en los tratamientos CF, indicando una interacción positiva ante aplicaciones conjuntas de fertilizante y fungicida (Figura 3). En EC6.0 la interacción *Año x Fungicida x Genotipo* fue significativa (Tabla 2), siendo los valores de IAF superiores en 2011 con respecto a 2014. En 2011, la adopción de fungicida no tuvo efectos sobre el IAF en ninguno de los genotipos, sin embargo en 2014, la protección con fungicida permitió un incremento significativo del IAF en L5 (datos no mostrados). La interacción *Año x Fungicida x Fertilizante* fue significativa en EC8.2 (Tabla 2) debido a que la fertilización N incrementó 36 % los valores de IAF (2,25 N0

vs 3,06 N60) en el tratamiento CF en 2014. En este mismo año, la incorporación de fertilizante no produjo aumentos de IAF en los tratamientos desprotegidos (Figura 4).

En la biomasa aérea, la interacción triple *Fungicida x Fertilizante x Genotipo* fue significativa para EC3.9 (Tabla 3). El agregado de N ocasionó aumentos en la generación de biomasa en todos los tratamientos de fungicidas y genotipos, siendo de mayor magnitud en los genotipos L6 y Calén en los tratamientos CF. Ante aplicaciones conjuntas de fertilizante y fungicida se obtuvieron los rendimientos más altos de biomasa aérea, con valores de 13365 kg.ha⁻¹, 11698 kg.ha⁻¹ y 10774 kg.ha⁻¹ para L6, L5 y Calén, respectivamente. Las líneas 5 y 6 superaron a Calén en todos los tratamientos evaluados (datos no mostrados).

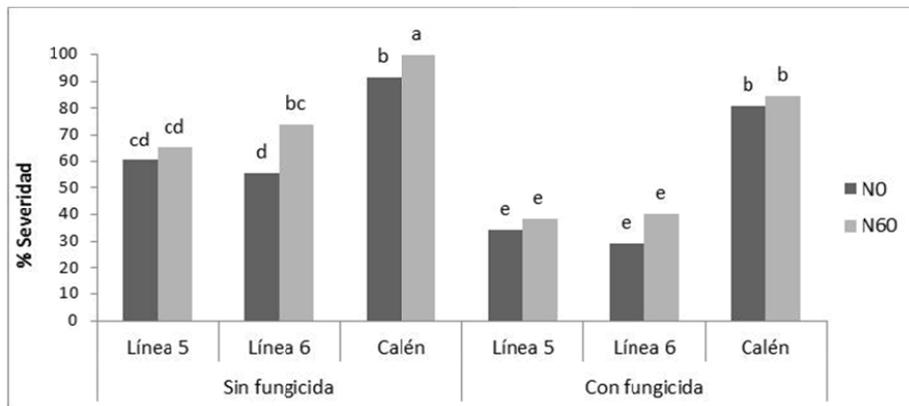


Figura 2: Medias de los valores de severidad (% Severidad) en EC8.2, para la interacción *Fungicida x Fertilizante x Genotipos*, de un ensayo con dos tratamientos de fungicidas, dos dosis de fertilización nitrogenada y tres genotipos de avena. Sin fertilizante (N0) y con 60 kgN.ha⁻¹ (N60). Letras diferentes muestran diferencias significativas a través de los tratamientos (LSD, $p < 0,05$).

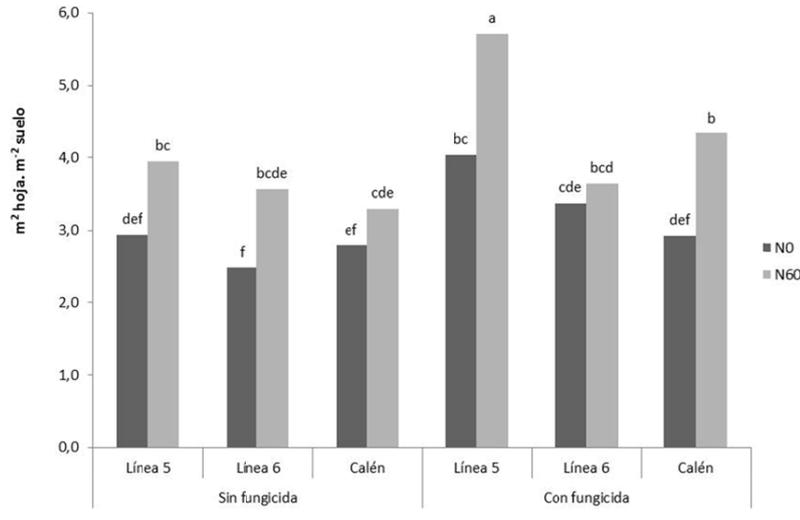


Figura 3: Media de los valores de IAF (m^2 hoja. m^2 suelo) en EC3.9 para la interacción Fungicida x Fertilizante x Genotipos, en un ensayo con dos tratamientos de fungicidas, dos dosis de fertilización nitrogenada y tres genotipos de avena. Sin fertilizante (N0) y con $60 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1}$ (N60). Letras diferentes muestran diferencias significativas a través de los tratamientos (LSD, $p < 0,05$).

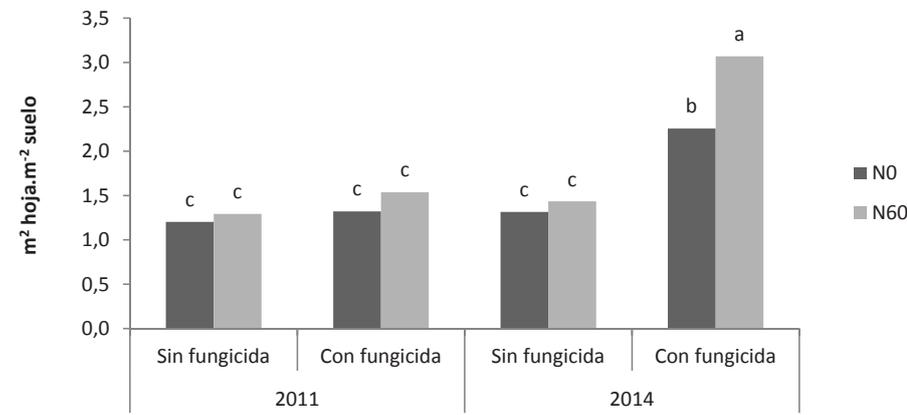


Figura 4: Media de los valores de IAF (m^2 hoja. m^2 suelo) en EC8.2 para la interacción Año x Fungicida x Fertilizante, en un ensayo con dos tratamientos de fungicidas, dos dosis de fertilización nitrogenada y tres genotipos de avena. Sin fertilizante (N0) y con $60 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1}$ (N60). Letras diferentes muestran diferencias significativas a través de los tratamientos (LSD, $p < 0,05$).

La fertilización nitrogenada (N60) fue significativa en EC6.0 y EC8.2, incrementando la biomasa aérea un 59,6 % en floración, y 55,4 % en grano pastoso. En EC8.2 la interacción *Año x Genotipo* resultó significativa. La biomasa acumulada fue superior en 2011, no encontrándose diferencias entre los genotipos (L5 12924 kg.ha⁻¹, L6 11978 kg.ha⁻¹ y Calén 12535 kg.ha⁻¹). Sin embargo, en 2014 las líneas se diferenciaron de Calén, acumulando 58,3 % y 74,8 % más, para L5 y L6 respectivamente (Figura 5), respuesta que podría explicarse por los menores niveles de severidad que obtuvie-

ron estos genotipos respecto a Calén en 2014. En este mismo estadio, hubo diferencias significativas entre tratamientos de fungicidas, ya que en ausencia de protección de fungicidas, se observaron pérdidas de un 29,7 % en la biomasa aérea. En este sentido, estudios realizados por Pérez Fernández & Molas (10) determinaron que las pérdidas de biomasa en avena producto de enfermedades foliares como royas fueron del 32 %.

En trigo, Bancal *et al.* (1), Schierenbeck *et al.* (12), Schierenbeck *et al.* (13) y Serrago *et al.* (14) concluyeron que las enfermedades foliares redujeron la biomasa aérea

Tabla 3. ANOVA de biomasa en tres estadios de desarrollo (EC3.9: hoja bandera, EC6.0: floración y EC8.2: grano pastoso), del rendimiento y sus componentes (Granos.m⁻², PMG) de un ensayo con dos tratamientos de fungicidas, dos dosis de fertilización nitrogenada y tres genotipos de avena.

Fuente de Variación	G.L.	Biomasa EC39	Biomasa EC60	Biomasa EC82	Granos.m ⁻²	PMG	Rendimiento
Año (A)	1	(0,024)	(0,013)	(0,023)	(0,009)	(0,005)	(0,009)
Error A	2	3172058	2468493	4,358E+06	1,412E+07	9,08	690275
Fungicida (Fu)	1	(0,078)	(0,117)	(0,009)	(0,045)	(0,010)	(0,005)
A x Fu	1	(0,736)	(0,663)	(0,344)	(0,298)	(0,006)	(0,027)
Error B	4	16601938	20412863	1,116E+07	8,417E+06	4,16	281592
Fertilizante (Fe)	1	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(0,002)	(0,271)	(0,003)
A x Fe	1	(0,550)	(0,478)	(0,054)	(0,104)	(0,758)	(0,181)
Fu x Fe	1	(0,198)	(0,706)	(0,462)	(0,674)	(0,056)	(0,281)
A x Fu x Fe	1	(0,237)	(0,512)	(0,623)	(0,729)	(0,453)	(0,601)
Error C	8	76590005	6437169	5,220E+06	1,038E+07	4,01	585280
Genotipo (Ge)	2	(<0,001)	(0,058)	(0,006)	(0,839)	(<0,001)	(0,021)
A x Ge	2	(0,051)	(0,139)	(0,002)	(0,233)	(0,136)	(0,704)
Fu x Ge	2	(0,306)	(0,565)	(0,281)	(0,101)	(<0,001)	(0,168)
Fe x Ge	2	(0,196)	(0,070)	(0,452)	(0,009)	(0,178)	(0,004)
A x Fu x Ge	2	(0,127)	(0,200)	(0,214)	(0,314)	(0,042)	(0,249)
A x Fe x Ge	2	(0,392)	(0,290)	(0,330)	(0,075)	(0,051)	(0,244)
Fu x Fe x Ge	2	(0,017)	(0,256)	(0,831)	(0,769)	(0,500)	(0,852)
A x Fu x Fe x Ge	2	(0,832)	(0,901)	(0,962)	(0,186)	(0,325)	(0,094)
Error D	32	2437667	1707074	5,833E+06	6,667E+06	1,78	390270
Total	71						

con respecto a tratamientos protegidos, al afectar el IAF, a causa de senescencia foliar anticipada (debido a aumentos en el % Severidad y ABCPE), generando reducciones en la radiación absorbida por tejidos verdes y provocando reducciones en la tasa de crecimiento del cultivo, lo que concuerda con los resultados presentados en este trabajo.

En el NGT los tratamientos *Año* y *Fungicida* fueron significativos (Tabla 3). En el año 2011 el NGT fue mayor que en 2014, en tanto que la protección con fungicida disminuyó 14 % las pérdidas en el NG.

Por otro lado, la interacción *Fertilizante x Genotipo* también presentó diferencias significativas (Tabla 3), detectándose un incremento del 41 % y 62 % en los genotipos L5 y Calén, mientras que L6 no tuvo respuesta significativa ante el agregado de N. Este comportamiento podría estar asociado a incrementos en la tasa de crecimiento durante el periodo crítico del cultivo ante fertilizaciones nitrogenadas (3).

El PMG fue influenciado significativamente por la interacción *Año x Fungicida x Genotipo* (Tabla 3), presentando valores superiores en 2011 con respecto a 2014. En 2011 el fungicida no tuvo efecto sobre el PMG, mientras que en 2014 redujo las pérdidas en un 15,9 % en L5 (26,7 g en CF vs 22,1 g en SF) y en un 30,8 % en Calén (25,8 g en CF vs 17,8 g en SF). Por su parte, la aplicación de fungicida no tuvo efecto sobre el PMG en L6 (27,52 g en CF vs 25,28 g en SF) (Figura 6). En este sentido, May *et al.* (6) documentaron que la aplicación de fungicida en ensayos de avena incrementó el PMG en un 4,7 %, y que las variedades con mayores niveles de enfermedad, tuvieron los mayores incrementos. La interacción *Fungicida x Fertilizante* también fue significativa para el PMG (Tabla 3), explicado porque el agregado de fertilizante N ante tratamientos SF, provocó una disminución del 5,5 % en el PMG (29 g vs. 27,4 g). Las disminuciones en el PMG ante la

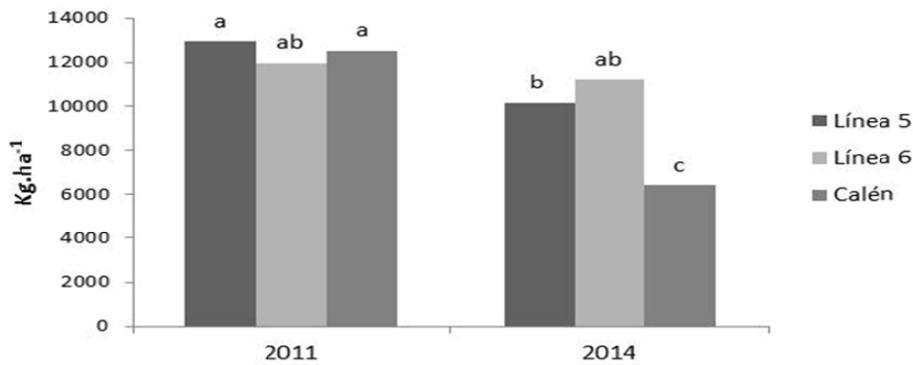


Figura 5: Media de los valores de biomasa aérea (Kg.ha⁻¹) en EC8.2 para la interacción *Año x Genotipos*, en un ensayo con dos tratamientos de fungicidas, dos dosis de fertilización nitrogenada y tres genotipos de avena. Letras diferentes muestran diferencias significativas a través de los tratamientos (LSD, $p < 0,05$).

presencia de patógenos foliares, se asocia a infecciones en pos-floración que provocan reducciones en la radiación absorbida por el cultivo y duración del área foliar verde durante el llenado de los granos, afectando principalmente la tasa de duración del llenado de granos y la duración en el llenado de los mismos en menor proporción (9).

El rendimiento fue influenciado por la interacción *Año x Fungicida* (Tabla 3), presentando en 2011 valores superiores que en 2014. La protección con fungicida no influyó en el primer año, donde los rendimientos fueron de 4129 kg.ha⁻¹ para el tratamiento SF y 4390 kg.ha⁻¹ para el tratamiento CF, pero resultó significativa en 2014, cuando el nivel de enfermedad fue mayor, disminuyendo 41 % las pérdidas de rendimiento (1600 kg.ha⁻¹ en SF vs. 2717 kg.ha⁻¹ en CF) (Figura 7). Las pérdidas en rendimiento provocadas por enfermedades foliares como la roya de la hoja pueden llegar al 26 % (10).

En este sentido, la aplicación de fungicidas ha sido asociada con incrementos de rendimiento debido al mantenimiento de la fotosíntesis del cultivo durante el periodo de llenado del grano provocando aumentos en el PMG ya que evitan el consumo de fotoasimilados por parte del patógeno (9).

Asimismo, la interacción *Fertilizante x Genotipo* fue significativa (Tabla 3). Se encontró respuesta a la fertilización N en los genotipos L5 y Calén, con aumentos del 48 % (2612 kg.ha⁻¹ en SF vs 3888 kg.ha⁻¹ CF) y 40 % (2443 kg.ha⁻¹ en SF vs 3406 kg.ha⁻¹ CF) respectivamente, mientras que en L6, la fertilización no produjo aumentos significativos del rendimiento (3439 kg.ha⁻¹ en SF vs 3466 kg.ha⁻¹ CF) (datos no mostrados).

Los incrementos en el rendimiento ante la aplicación de fungicidas son consecuencia del control que ejercen sobre las enfermedades evaluadas y sobre los patógenos de menor importancia que no se observan

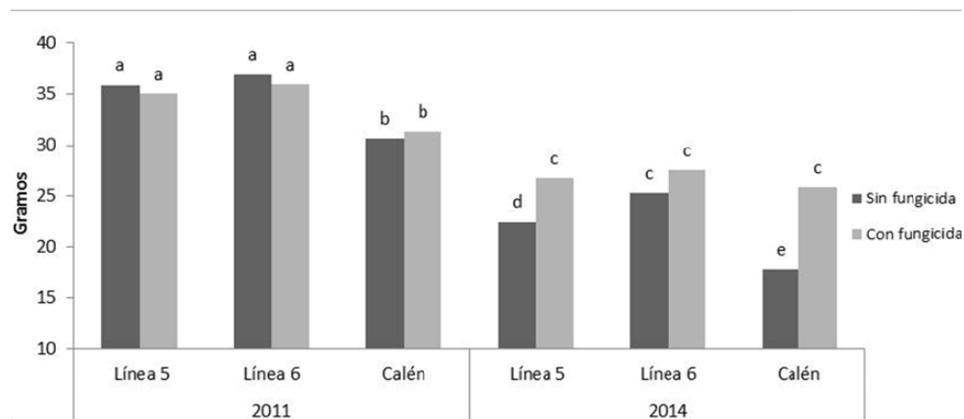


Figura 6: Media de los valores de peso de mil granos (gramos), para la interacción *Año x Fungicida x Genotipos*, en un ensayo con dos tratamientos de fungicidas, dos dosis de fertilización nitrogenada y tres genotipos de avena. Sin fungicida (SF) y con fungicida (CF). Letras diferentes muestran diferencias significativas a través de los tratamientos (LSD, $p < 0,05$).

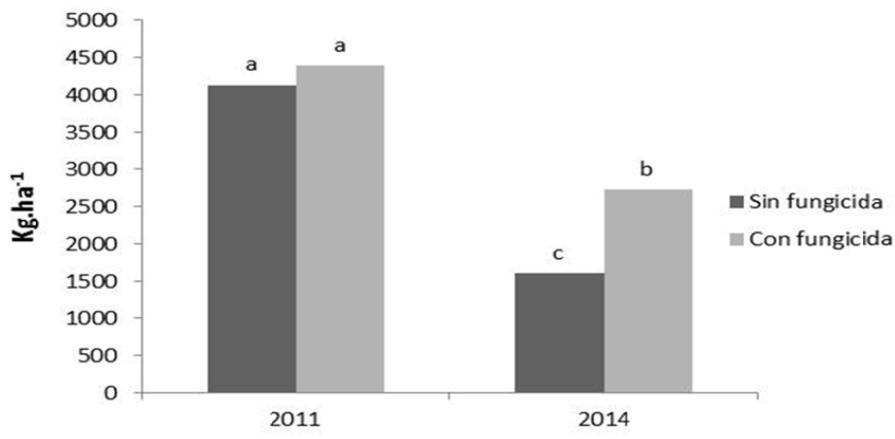


Figura 7: Media de los rendimientos (Kg.ha⁻¹), para la interacción Año x Fungicida, de un ensayo con dos tratamientos de fungicidas, dos dosis de fertilización nitrogenada y tres genotipos de avena. Sin fungicida (SF) y con fungicida (CF). Letras diferentes muestran diferencias significativas a través de los tratamientos (LSD, $p < 0,05$).

fácilmente en el campo (2). Esto se relaciona con los efectos fisiológicos directos que pueden tener los fungicidas sobre la planta, como aumentos en la duración del área foliar verde, el contenido de clorofila y la eficiencia del uso de la radiación de las hojas y al retraso en la senescencia que producen debido al aumento del potencial antioxidante al proteger a las plantas del daño de las especies activas de oxígeno (7).

Los resultados del presente trabajo indican que las enfermedades foliares en avena causadas por patógenos fúngicos afectan la producción de biomasa explicadas principalmente por reducciones en el IAF (aumentos en la severidad debido a necrosis foliar o por muerte acelerada de macollos), afectando la tasa de crecimiento del cultivo y generando reducciones en los componentes del rendimiento (NGT y PMG).

CONCLUSIONES

La aplicación de fungicidas provoca una disminución en la severidad de las enfermedades foliares, que genera aumentos en el IAF, biomasa y en los componentes del rendimiento.

Incrementos en la fertilización nitrogenada provocan aumentos en la severidad de roya cuando ésta es la enfermedad predominante, que puede estar asociada al hábito biotrófico del agente causal.

Las líneas del criadero de la FCAYF-UNLP demuestran tener aptitudes sanitarias, producción de biomasa y rendimiento superiores a la variedad comercial evaluada.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **BANCAL, M.O.; ROBERT, C.; NEY, B.** 2007. Modelling wheat growth and yield losses from late epidemics of foliar diseases using loss of green leaf area per layer and pre-anthesis reserves. *Annals of Botany* 100:777-789.
- 2.- **BERTELSEN, J.R.; NEERGAARD, E.; SMEDEGAARD-PETERSEN, V.** 2001. Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllostere fungi, senescence and yield of winter wheat. *Plant Pathology* 50:190-205.
- 3.- **FISCHER, R.A.** 1985. Number of kernel in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science* 105:447-461.
- 4.- **FONTANETTO, H.; KELLER, O.; GAGLIANO, C.; OROZCO, D.** 1998. Fertilización de avena en siembra directa: diferentes fuentes nitrogenadas y momentos de aplicación. *Revista Nuestro Agro* 173:70.
- 5.- **GOODING, M.J.; DIMMOCK, J.P.; FRANCE, R.E.; JONES, J.** 2000. Green leaf area decline of wheat flag leaves: the influence of fungicides and relationships with mean grain weight and grain yield. *Annals of Applied Biology* 136:787-84.
- 6.- **MAY, W.E.; AMES, N.; IRVINE, R.B.; KUTCHER, H.R.; LAFOND, G.P.; SHIRTLIFFE, S.J.** 2014. Are fungicide applications to control crown rust of oat beneficial? *Canadian Journal of Plant Science* 94:911-922.
- 7.- **MILNE, A.; PAVELEY, N.; AUDSLEY, E.; PARSON, D.** 2007. The effect of fungicides on disease-induced yield loss in wheat. A model of the effect of fungicides on disease-induced yield loss, for use in wheat disease management decision support systems. *Annals of Applied Biology* 151:113-125.
- 8.- **MIRALLES, D.J.; SLAFER, G.A.** 1990. Estimación del área foliar en trigo: Generación y validación de un modelo. 11vo Congreso Nacional de Trigo. Pergamino. Cap. 1, 76-85.
- 9.- **PEPLER, S.; GOODING, M.J.; ELLIS, R.H.** 2006. Modelling simultaneously water content and dry matter dynamics of wheat grains. *Field Crops Research Journal* 96:46-93.
- 10.- **PEREZ FERNÁNDEZ, J.; MOLAS, A.C.** 2000. Roya de la avena: control químico e incidencia sobre la calidad forrajera en la región semiárida pampeana. Estación Experimental Agropecuaria INTA Anguil. Boletín de divulgación técnica N° 69.
- 11.- **REYNOLDS, M.P.; PELLEGRINESCHI, A.; SKOVMAND, B.** 2005. Sink-limitation to yield and biomass: a summary of some investigations in spring wheat. *Annals of Applied Biology* 146:39-49.
- 12.- **SCHIERENBECK, M.; FLEITAS, M.C.; SIMÓN, M.R.; CORTESE, F.; GOLIK, S.I.** 2014. Enfermedades foliares del trigo afectan diferencialmente la absorción y removilización del nitrógeno hacia los granos. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 34 (2):242-246
- 13.- **SCHIERENBECK, M.; FLEITAS, M.C.; GOLIK, S.I.; SIMÓN, M.R.** 2015. Dinámica de área foliar verde y producción de biomasa aérea frente a infecciones de mancha amarilla y roya de la hoja. *Revista Técnica de Cultivos invernales AAPRESID* 22:53-61.
- 14.- **SERRAGO, R.A.; CARRETERO, R.; BANCAL, M.O.; MIRALLES, D.J.** 2009. Foliar diseases affect the ecophysiological attributes linked with yield and biomass in wheat (*Triticum aestivum* L.). *European Journal of Agronomy* 31:195-203.

J. I. Dietz *et al.*

- 15.- **SOOVALI, P.; KANGOR, T; TAMM, I.** 2010. The incidence of fungal diseases in oat leaves and yields as affected by fertilizer and chemical inputs in Estonia. *Agronomy Research* 8:475-480.
- 16.- **ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, C.F.** 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421.
- 17.- **ZILLINSKY, F.J.** 1984. Guía para la identificación de Enfermedades en Cereales de Grano Pequeño. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. El Batán, Texcoco, Edo. De México. 141.