

Schierenbeck, M^{1,2}, Fleitas, M. C^{1,2},
Golik, S. I¹., Simón, M. R¹.

1- Cerealicultura, Facultad de Ciencias
Agrarias y Forestales, UNLP;
2- CONICET-CCT La Plata, Argentina.

Dinámica del área foliar verde y producción de biomasa aérea frente a infecciones de mancha amarilla y roya de la hoja

Conociendo el efecto de los complejos de enfermedades foliares sobre estas variables, el siguiente trabajo investiga la incidencia individual de cada uno de estos patógenos.

Palabras Claves:

Mancha amarilla, Roya de la hoja, Área foliar verde, Biomasa, Trigo.

Introducción

La producción de biomasa para un amplio rango de cultivos como el trigo (*Triticum aestivum* L.) depende de: (i) la capacidad del canopeo de interceptar la radiación incidente, que es función del índice de área foliar (IAF) y de la arquitectura del mismo, y (ii) la eficiencia con que se convierte la energía lumínica en biomasa (eficiencia en el uso de la radiación, EUR) (Reynolds *et al.*, 2005). Las enfermedades foliares fúngicas como la “mancha amarilla” [*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs (anamorfo *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem)], que por ser producida por un patógeno necrotrófico se ha incrementado en siembra directa, y la “roya de la hoja” (*Puccinia triticina* Eriks), impactan sobre el rendimiento y los componentes numéricos que lo conforman (peso de mil granos, número de espigas por m², número de granos por espiga). Esto se debe a que producen alteraciones en los sistemas responsables de la producción y distribución de asimilados dentro de la planta, como por ejemplo disminuciones en el índice de área foliar verde, en la intercepción de radiación acumulada y consecuentemente, en la acumulación de materia seca y su partición (Waggoner & Berger, 1987). Si bien existen antecedentes sobre el efecto de las enfermedades foliares en su conjunto sobre estas variables (Bancal *et al.*, 2007; Serrago *et al.*, 2009), la incidencia de cada patógeno inoculado separadamente no ha sido investigada.

En este contexto, el presente trabajo tiene por objetivo evaluar el impacto del patógeno necrotrófico *Pyrenophora tritici-repentis* (mancha amarilla) y el biotrófico *Puccinia triticina* (roya de la hoja) sobre la dinámica del área foliar verde y la producción de biomasa.

Materiales y métodos

Los ensayos se llevaron a cabo durante 2012 y 2013 en la E.E Julio Hirschhorn de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (34° 52' LS; 57° 58' LO). Se registraron los datos climáticos en una estación meteorológica ubicada a 200 m de los ensayos (Tabla 1). Las parcelas principales fueron las inoculaciones con: 1- *P. tritici-repentis*

(mancha amarilla) y 2- *P. triticina* (roya de la hoja). Las sub-parcelas fueron los tratamientos de inoculación: 1- sin inóculo y aplicación de fungicida (SI); 2- baja concentración de inóculo de cada patógeno (BCI) y 3- alta concentración de inóculo de cada patógeno (ACI). Como sub-sub-parcelas se sembraron 10 cultivares de trigo de ciclo intermedio - largo: Klein Yará, Klein Guerrero, Baguette 11, Baguette 17, Baguette 18, ACA 303, ACA 315, Bio INTA 3004, SY100 y Sursem LE2330. Las parcelas principales se distanciaron 200 m para disminuir la transferencia de inóculo.

La siembra se realizó a mediados del mes de junio con una sembradora experimental, a 20 cm entre líneas y a una densidad de 250 pl.m². Cada parcela experimental fue de 7,7 m². Se aplicaron 100 kg N/ha dividido en dos momentos (siembra y fines de macollaje) y 50 kg P/ha a la siembra. En la parcela principal inoculada con *P. triticina* se sembró una bordura con una mezcla de cultivares susceptibles para facilitar la inoculación de las parcelas. El inóculo de *P. tritici-repentis* se preparó en caldo V8^R y se multiplicó mediante sucesivos repiques en flujo laminar. Mediante raspado de las cajas se extrajo el micelio infectivo y se ajustó una solución BCI (3x10² esporas/ml) y otra ACI (3x10³ esporas/ml). Las inoculaciones se realizaron a fines de macollaje (EC24) (Zadoks *et al.*, 1974) y en hoja bandera desplegada (EC39), utilizándose 800 ml de solución por parcela y por aplicación. Para la inoculación con *P. triticina*, se utilizó una mezcla de razas virulentas provistas por el Ing. Pablo Campos del INTA Bordenave y se procedió pulverizando las borduras cercanas al tratamiento de ACI, con una concentración de 0,5 mg de esporas por planta y de 0,2 mg, para BCI. En las sub-parcelas SI, se aplicó un fungicida (fluxapyroxad 50g/L, epoxiconazole 50 g/L y pyraclostrobin 81 g/L) en pleno macollaje (EC23) y en EC39, con una tasa de aplicación de 140 L/ha una dosis de 1,2 L/ha.

Las evaluaciones se realizaron en EC39, anthesis (EC60) y grano pastoso (EC82) y consistieron en la determinación de la severidad mediante estimación visual (% de lesión cubierta por la enfermedad en la hoja). Con

Datos climáticos registrados durante el ensayo.

	2012				2013			
	T°C media	Precip. (mm)	HR (%)	Rad (Watt/m ²)	T°C media	Precip. (mm)	HR (%)	Rad (Watt/m ²)
Ene	23,8	32,3	63	6669,8	22,8	43	75	5913,3
Feb	24,7	187,4	80	5300	22	121,9	83	4949,5
Mar	19,5	49,4	76	3948,8	17,5	107,4	81	4059,4
Abr	15,5	52,4	74	3167,2	16,6	307	81	3187,6
May	15	80,2	82	1871,8	12,9	101,2	88	2086,3
Jun	10	22,2	77	1759,1	10	10,4	84	1936,7
Jul	7,1	13,4	71	2217,4	9,8	46	87	1860,4
Ago	12,3	222,8	89	1802,9	10	7,2	73	2990,5
Sep	13,6	52,4	88	3333,7	11,9	150,8	84	2967
Oct	16,6	192	90	3594,5	16,1	28,8	83	4262,7
Nov	20,1	41,2	82	5191,5	18,9	140,6	83	4775
Dic	22,6	143,6	84	5641	24,2	30,3	71	6052,4

Tabla 1

las medias de severidad de las tres evaluaciones se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE). Se evaluó la biomasa mediante extracción de 1.50 m lineales de plantas y posterior secado a 60°C por 72 hs de una alícuota, para determinar la materia seca aérea. El IAF total se estimó mediante el conteo de macollos en 2 m lineales y la medición de todas las 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 (Miralles & Slafer, 1990). Mediante las estimaciones de severidad se calculó el índice de área foliar verde (IAFV) en las tres evaluaciones. La radiación incidente (RI) y la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RINT) fueron evaluadas mediante un radiómetro y utilizadas para calcular la radiación absorbida (RA) por tejido verde junto a las evaluaciones de severidad. La eficiencia de uso de la radiación (EUR) se calculó como la pendiente de la regresión entre la RA y la biomasa generada acumulada a lo largo del ciclo del cultivo. El análisis de datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANVA) para parcelas divididas mediante el programa GenStat 12th Edition. Las medias se compararon mediante el test LSD ($P=0,05$).

Resultados

El ABCPE evidenció para 2012 y para ambas enfermedades, niveles superiores que para 2013. En ambos años, el tratamiento SI (protegido) presentó menores valores de ABCPE, diferenciándose significativamente de los tratamientos de BCI y ACI, que no presentaron diferencias significativas entre ellos. En 2012 el aumento en el ABCPE para mancha amarilla fue del 40,08%, cuando se comparó el tratamiento SI con respecto al ACI. Para roya de la hoja, y teniendo en cuenta los mismos tratamientos, el incremento en el nivel de enfermedad fue del 24,81%. En el año 2013, las parcelas ACI afectadas por mancha amarilla tuvieron un incremento del 81,13%, con respecto al tratamiento SI. Para el tratamiento con roya de la hoja, dicho incremento fue del 64,24% cuando se comparó el tratamiento SI con el ACI (Figura 1).

El IAF en EC39 no presentó diferencias significativas entre inoculaciones con mancha amarilla y roya de la hoja. Sin embargo, los tratamientos de BCI y ACI disminuyeron el valor de IAF verde en un 21,02 % y un 26,62 %, en relación al testigo SI, respectivamente.

Medias de área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) para la interacción año x patógeno x inoculación.

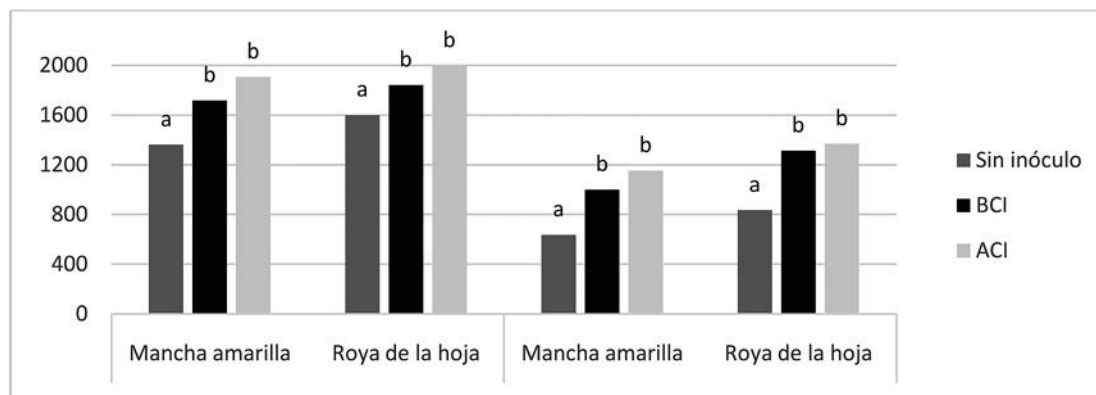


Figura 1

Medias Índice de área foliar verde (IAFV) para la interacción año x patógeno x inoculación, en el estadio de antesis (EC60).

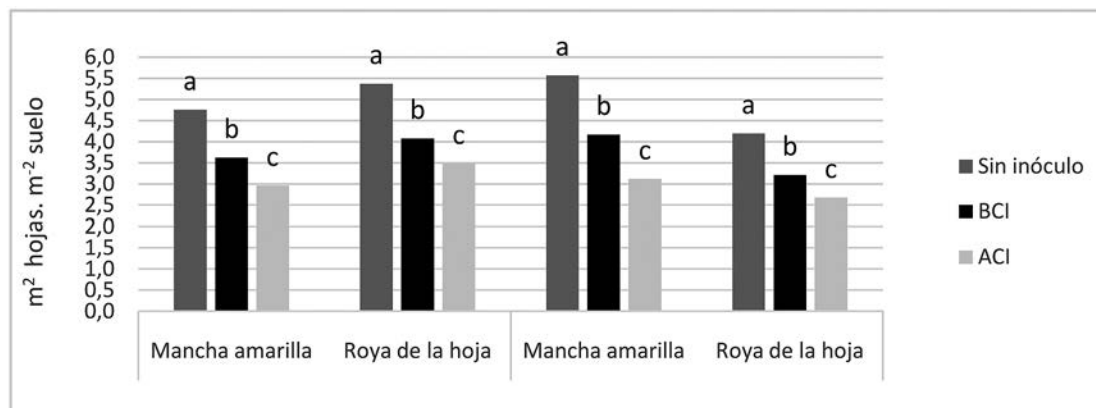


Figura 2

En EC60, el IAFV presentó diferencias significativas entre los tres tratamientos de inoculación evaluados, siendo el de ACI el que presentó menores valores en ambos años. En 2012 y cuando *Py. tritici-repentis* fue el patógeno principal, los tratamientos de BCI y ACI disminuyeron el valor de IAFV un 23,94 % y un 37,81 % con respecto al testigo SI, respectivamente. En el mismo año y para *P. triticina*, se detectaron disminuciones en el IAFV del 24,20% (BCI) y del 35,19 % (ACI) con respecto al tratamiento SI. En 2013, los porcentajes de disminución fueron del 25,13% (BCI) y del 43,98% (ACI) frente al tratamiento SI de mancha amarilla, y del 23,38% (BCI) y 36,27% (ACI) para roya de la hoja. Para el segundo año de evaluación, inoculaciones con roya de la hoja presentaron valores inferiores en los tratamientos SI y BCI en comparación a mancha amarilla (Figura 2).

En EC82, el IAFV exhibió valores superiores en 2013 para ambas enfermedades. No se detectaron diferencias entre mancha amarilla y roya de la hoja para los mismos tratamientos de inoculación en los dos

años ensayados. Tanto en 2012 como en 2013, el tratamiento SI presentó valores superiores de IAFV, diferenciándose significativamente de los tratamientos de BCI y ACI, que presentaron diferencias significativas entre ellos únicamente cuando *Py. tritici-repentis* fue el patógeno principal.

En 2012, inoculaciones con mancha amarilla mostraron una disminución del 78,57% en el IAFV frente a una alta presión de inóculo del patógeno, en comparación al tratamiento SI. Para roya de la hoja, y comparando los mismos tratamientos, la caída del área verde causada fue del 76,53%. En el año 2013, y ante inoculaciones con *Py. tritici-repentis*, el IAFV disminuyó de 1,25(SI) a 0,44 (ACI), implicando una caída del 64,8% frente a la mayor dosis de inóculo. Para inoculaciones con *P. triticina*, los valores oscilaron desde 0,75 (SI) a 0,31 (ACI), lo que se corresponde con una disminución en el IAFV del 58,66% (Figura 3).

La producción de biomasa aérea para las tres evaluaciones realizadas evidenciaron diferencias altamente significativas ($P < 0,001$) entre

Medias Índice de área foliar verde (IAFV) para la interacción año x patógeno x inoculación del IAF, en el estadio de grano pastoso (EC82).

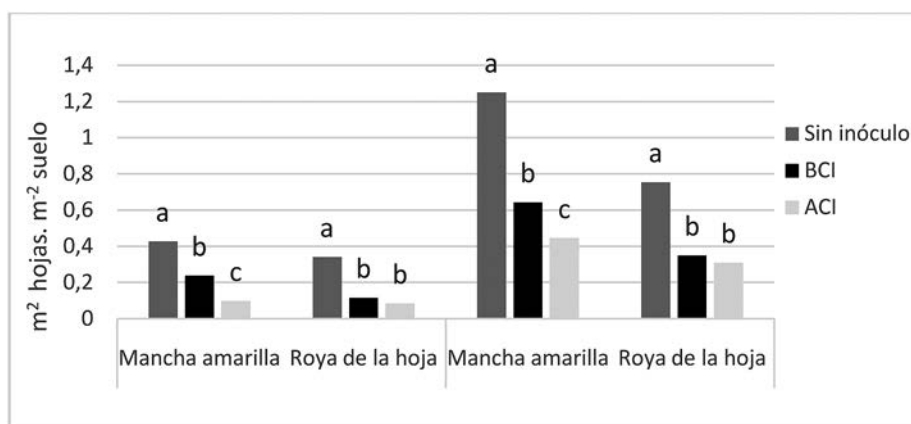


Figura 3

Medias de biomasa aérea para el factor inoculación, en los estadios de hoja bandera desplegada, antes y grano pastoso.

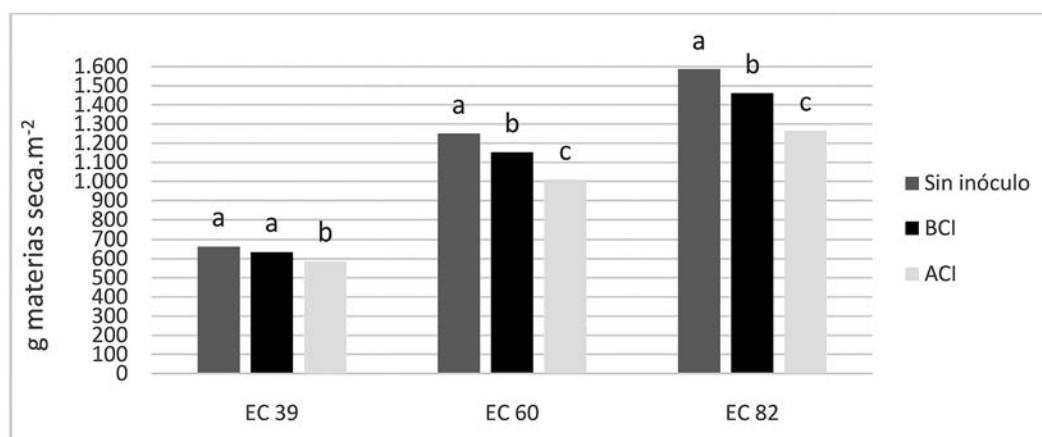


Figura 4

tratamientos de inoculación, mostrando reducciones notorias en esta variable ante aumentos en la concentración de inóculo. En la evaluación en hoja bandera desplegada (EC39), el tratamiento SI no presentó diferencias significativas con el de BCI, pero evidenció una reducción del 11,45 % ante el tratamiento ACI. Para antesis (EC60), se detectaron disminuciones en la producción de biomasa del 7,76 % (BCI) y del 19,22 % (ACI) con respecto al tratamiento SI. En tanto que para la evaluación en grano pastoso (EC82), los porcentajes de disminución de la biomasa aérea fueron del 7,89% (BCI) y del 20,21% (ACI) frente al tratamiento SI (Figura 4).

La RA acumulada por tejido verde, mostró marcadas disminuciones ante aumentos en la concentración de inóculo cuando la mancha amarilla

fue el patógeno principal. Por su parte, no se detectaron diferencias significativas entre el tratamiento de BCI y ACI cuando *P. triticina* fue el patógeno inoculado. Cuando se compara el tratamiento SI de *Py. tritici-repentis* con los de BCI y ACI, se detectaron reducciones del 10,45% y 20,11 % en la RA acumulada en todo el ciclo de cultivo. Ante inoculaciones con roya de la hoja, las reducciones llegaron al 12,73%. No se detectaron diferencias significativas entre mancha amarilla y roya de la hoja cuando se compararon los mismos tratamientos de inoculación (Figura 5).

La EUR absorbida mostró diferencias de acuerdo al tipo de patógeno considerado, siendo un 19,49 % menor en los tratamientos con el agente biotrófico *P. triticina* con respecto al necrotrofico *P. tritici-repentis* (3,129 g.MJ⁻¹ vs 2,519 g.MJ⁻¹) (Figura 6).

Medias de Radiación absorbida por el cultivo para la interacción patógeno x inoculación, durante el periodo nacimiento-grano pastoso.

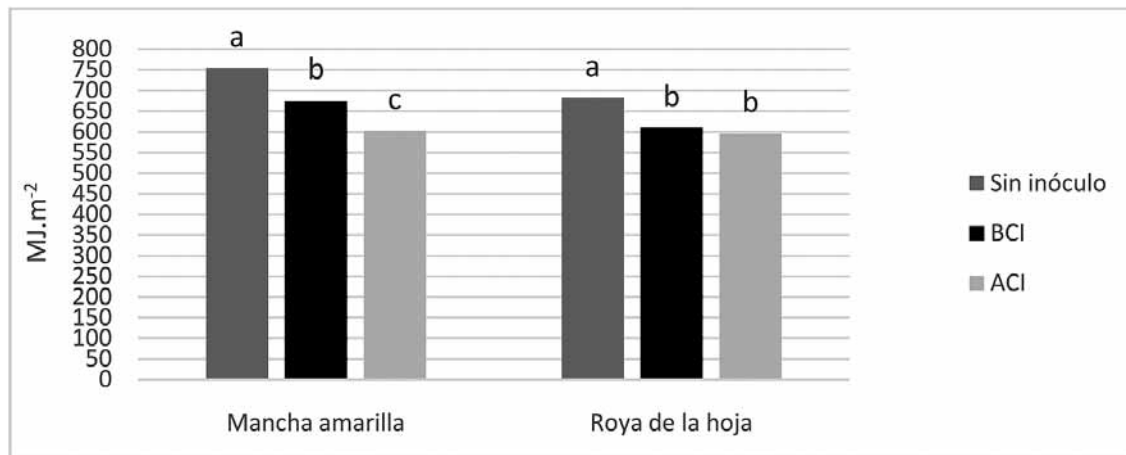


Figura 5

Medias de Eficiencia en el uso de la radiación (EUR) absorbida para el factor patógeno.

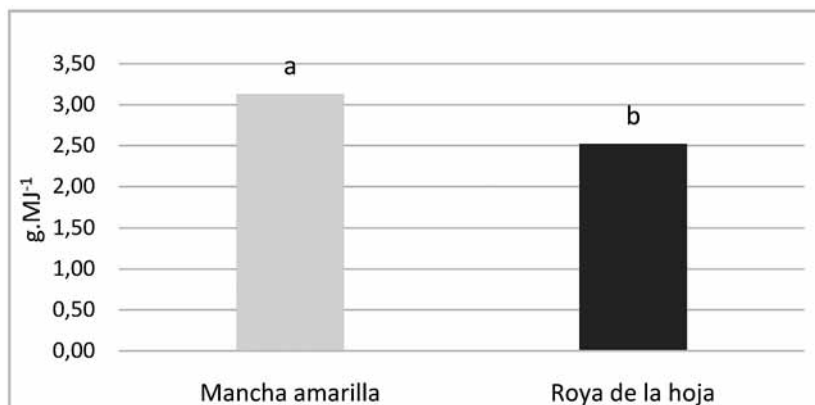


Figura 6

Conclusiones

- Mancha amarilla y roya de la hoja provocaron marcadas disminuciones en el área foliar verde del cultivo, en los tres estadios evaluados generando, consecuentemente, decrecimientos en la radiación absorbida por el cultivo y en la biomasa.
- La mayor disminución en la EUR en inoculaciones con *P. triticina* respecto de *Py. tritici-repentis*, se asocia con el hábito biotrófico del patógeno, que podría estar asociado a reducciones en la tasa de fotosíntesis foliar, aumentos en la tasa de respiración-transpiración, y/o consumo de fotoasimilados por parte del patógeno.

Bibliografía

- 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. *Ann. Bot.* 100: 777-789.
- 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.I: 76-85.
- 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.
- 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.
- Waggoner, P.E., Berger, R. 1987. Defoliation, Disease and Growth. *Phytopathology* 77: 393-398.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.