

the USGS Landsat Level-1 Data Product. Recuperado el 11 de 11 de 2020, de Landsat 98. Mis-sions:https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product

• Van Dam, J. C., Groenendijk, P., Hendriks, R. F. A., & Kroes, J. G. 2008. Advances of Modeling Water Flow in Variably Saturated Soils with SWAP. *Vadose Zone Journal*, 7(2), 640–653. https://doi.org/10.2136/vzj2007.0060

• Videla Mensegue, H.; Avedano, L.; Degioanni, A. & O.P. Caviglia. 2017. Change of soil use and water balance in southern Cordoba (Argentina). 7th World Congress on Conservation Agriculture - XXV Congreso AAPRESID. Rosario, Argentina.

*Trabajo presentado en el 13° Congreso de Agroinformática, Argentina. Octubre 2021.

CÓMO CARACTERIZAR LA VARIACIÓN EN EL CARÁCTER STAYGREEN DE MAÍZ Y ANÁLISIS DE POSIBLES VENTAJAS EN ALTAS DENSIDADES DE SIEMBRA

Mariana Antonietta^{1*}, Paula Girón², Juan José Guiamet¹

¹Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE), CONICET-UNLP, ²EEA INTA General Villegas

* antoniettamariana@gmail.com

PALABRAS CLAVE:

maíz, densidad, senescencia, intercepción de luz, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

En maíz, el mejoramiento genético ha estado acompañado de cambios en el manejo, entre los que se destaca un aumento en la densidad de plantas a un ritmo de aproximadamente 1000 pl ha⁻¹ año⁻¹ (Duvick, 2005). Además, los híbridos modernos presentan una demora en la senescencia foliar o carácter staygreen (SG) (Rajcan & Tollenaar, 1999; Duvick, 2005) y entre ellos existe variabilidad para este rasgo (Kosgey et al., 2013; Acciaresi et al., 2014; Antonietta et al., 2014, 2016). Dado que el aumento de la densidad implica un estrés que acelera la senescencia foliar (Borrás et al., 2003; Antonietta et al., 2014) cabe preguntarse en qué medida la demora en la senescencia foliar del canopeo puede representar una ventaja en términos de rendimiento en contextos de alta densidad de siembra.

A fin de analizar las posibles ventajas del carácter SG, trabajos previos han intentado cuantificar este rasgo de distintas maneras. Para este fin, la caída del área foliar durante el período reproductivo puede ajustarse a una relación bilineal, con una fase inicial más lenta seguida de otra fase de caída del área foliar más rápida (Borrás et al., 2003). Así, entre otros parámetros relacionados al carácter SG se ha utilizado el momento en que cambia la tasa de senescencia (en sorgo, Borrell et al., 2000), y la velocidad de senescencia relativa durante la fase rápida (Borrás et al., 2003). Sin embargo, estos parámetros podrían no ser suficientes para reflejar situaciones donde el índice de área foliar (IAF) máximo es superior al IAF crítico. En este sentido, incluso a las densidades recomendadas (i.e., 8 pl m⁻² para zona núcleo en Buenos Aires) una demora en la senescencia foliar no se traduce en aumentos en la intercepción de luz sino a partir de estadios tardíos del llenado (Acciaresi et al., 2014) debido a que el IAF máximo supera ampliamente al IAF por debajo del cual se afecta la intercepción de luz.

Los objetivos de este trabajo son (i) detectar la presencia de variación genotípica en el perfil de intercepción de luz y senescencia foliar frente al aumento de la densidad de plantas; (ii) desarrollar una metodología para cuantificar la variación genotípica detectada en la senescencia del canopeo y (iii) establecer si la demora en la senescencia representa una ventaja de rendimiento en altas densidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

El ensayo se sembró el 1 de diciembre de 2020 (fecha de siembra tardía) en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA EEA General Villegas como repetición interanual de los ensayos realizados en las campañas 2017, 2018 y 2019. El cultivo se sembró con máquina experimental neumática. Los tratamientos consistieron en: (i) 2 densidades: 6,2 y 14 pl m⁻² y (ii) 4 híbridos con fenología similar: ACA470 y ACA473 (ACA) y AX7822 y AX7784 (Nidera).

Cada parcela consistió de 4 surcos distanciados a 0,525 m y de 12 m

de largo, resultando en una superficie de 25,2 m². Se realizaron 4 repeticiones (parcelas) por tratamiento (densidad x híbrido) distribuidas en bloques completos aleatorizados. El estudio se desarrolló sobre un suelo hapludol típico con contenidos medios de 2,42% de materia orgánica y sobre antecesor soja de primera. La fertilización consistió en: 200 kg N ha⁻¹ aplicados en V3. No se aplicó fertilización fosforada debido a los buenos niveles de fósforo (P) del suelo (29 ppm, P Bray). Para el control de malezas, previo a la siembra se aplicó 800 cc ha⁻¹ de bicopirona + 850 cc ha⁻¹ de S-metolaclo + 2 l de glifosato ha⁻¹. En V6 se aplicó 100 cm³ topramezone + 2 l de glifosato ha⁻¹. No se requirió aplicación para enfermedades. La fecha de floración femenina fue el 8 de febrero de 2021 para todos los híbridos.

Intercepción de luz

El perfil de intercepción de luz por el canopeo se midió con una barra (Cadavices®) de 1 m de longitud de zona sensora en días soleados y entre las 12 y las 14 hs. El sensor se ubicó paralelo a la superficie del suelo y en diagonal ocupando la distancia entre los 2 surcos centrales de cada parcela. Las medidas se tomaron a la altura de la espiga, y al nivel de la hoja verde más próxima al suelo (intercepción total) para evitar errores debido al sombreado de hojas secas. Además, se registró la irradiancia total fuera de las parcelas junto a cada medición por parcela de modo de calcular el porcentaje de radiación interceptada (%RI) como:

$$\%RI = 100 - \text{Transmitancia} * 100 / \text{Irradiancia total}$$

Registro de la senescencia foliar

En floración se identificaron 3 plantas por parcela (12 plantas por cada combinación densidad x híbrido) ubicadas en los surcos centrales a fin de realizar un registro no destructivo de la senescencia foliar. En estas plantas se midió la longitud (L) y el ancho máximo (A) de cada lámina, y estos valores se utilizaron para calcular el área foliar de cada hoja (AF):

$$AF = L \times A \times 0,75$$

A partir de floración se registró el avance de la senescencia del canopeo en las plantas marcadas a partir del conteo de hojas con al menos un 50% de su área verde. El registro de la senescencia se realizó cada 3-4 días desde floración y hasta madurez fisiológica (aprox. 60 días después de la floración, DDF). Con este registro y conociendo el AF de cada hoja en floración, se calculó el AF por planta en cada momento post-floración.

Cuantificación del carácter SG

A partir del registro periódico del AF por planta y de las mediciones de intercepción de luz, se construyeron correlaciones entre el índice de área foliar (IAF) y el %RI y se ajustaron funciones exponenciales para

cada híbrido a fin de determinar el IAF al que se alcanza el 90% de la intercepción de luz ($IAF_{90\%}$). Luego se realizó la integral del área bajo la curva formada entre el IAF y los DDF a lo largo del período reproductivo, tomando como IAF máximo en este caso, el $IAF_{90\%}$ calculado para cada híbrido. Para el cálculo de integrales se utilizó el programa OriginPro (v. 2019). Este valor de IAF integrado a lo largo del ciclo se utilizó para "cuantificar" el carácter SG.

Determinación de materia seca

En madurez fisiológica (MF) se realizó un muestreo destructivo de las 3 plantas marcadas en cada parcela. Cada planta fue diseccionada en hojas, tallos + vainas y espigas y colocada en estufa a 60°C hasta peso constante y pesadas para obtener la materia seca (MS).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el software STATISTICA 5.1 (StatSoft, Inc.). Se realizó un ANOVA donde la densidad, el híbrido y el bloque se consideraron factores fijos. Cuando se detectaron efectos significativos o interacción entre factores, las diferencias entre tratamientos se analizaron mediante el test de Fisher de diferencias mínimas significativas (DMS, $P < 0,05$). Para el ajuste de relaciones exponenciales entre IAF y DDF se utilizó el módulo estadístico de SigmaPlot (v. 2012)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Senescencia foliar

El IAF en floración fue un 93% mayor a 14 pl m⁻² (7,6) comparado con 6 pl m⁻² (3,9) y varió significativamente entre híbridos siendo, en promedio entre densidades, máximo en AX7822 (6,6) y mínimo en ACA470 (5,0) con valores intermedios para AX7784 (5,8) y ACA473 (5,6) (Figura 1). La senescencia foliar comenzó a acelerarse alrededor de los 40 DDF a 6 pl m⁻² mientras que a 14 pl m⁻² la caída del IAF se observó a partir de floración con una caída abrupta a partir de los 60 DDF. No obstante, las diferencias en IAF alcanzadas en floración fueron suficientes como para que el IAF a 14 pl m⁻² se mantuviera por encima del IAF a 6 pl m⁻² en todos los híbridos hasta los 60 DDF. Esto coincide con lo reportado en las campañas 2019 y 2020 (Antonietta et al., 2019, 2020) pero contrasta con lo observado en la sequía de 2018, donde la mayor tasa de senescencia al aumentar la densidad de plantas resultó en una caída del IAF a 14 pl m⁻² comparado con 6 pl m⁻² a partir de los 30 DDF (Girón et al., 2018). En términos generales, los resultados obtenidos a lo largo de 4 campañas indican que, al aumentar la densidad de plantas, el aumento en el IAF máximo suele compensar la mayor tasa de senescencia resultando en mayores IAF a lo largo de todo el ciclo del cultivo, si bien puede haber excepciones en años secos (2018).

Respecto al comportamiento de los genotipos, el comportamiento SG

se mantuvo entre densidades tanto para el par ACA470 (no SG) y ACA473 (SG), como para el par AX7784 (no SG) y AX7822 (SG) (Figura 1). Cabe destacar que parte de estas diferencias estuvieron explicadas por un mayor IAF máximo que resultó en un mayor IAF durante el resto del ciclo del cultivo (excepto entre los híbridos de ACA a baja densidad que alcanzaron similares IAF máximos). Entre los mecanismos fisiológicos que explican el fenotipo SG en sorgo se ha reportado un mayor contenido de N foliar en antesis (Borrell y Hammer, 2000), una mayor eficiencia transpiratoria (Vadez et al., 2011) y un tamaño reducido del canopeo en floración (Borrell et al. 2014). En cambio, en maíz, nuestros resultados indican que, lejos de penalizar la retención de AF, un mayor IAF en floración puede explicar el fenotipo SG incluso en años secos como el 2018 (mayor IAF máximo y carácter SG en ACA473 comparado con ACA470, Girón et al., 2018). Estas aparentes discrepancias entre cultivos podrían estar relacionadas al hecho de que en general, el sorgo explora ambientes más extremos donde un exceso de IAF se penaliza más fuertemente.

Intercepción de luz

Alrededor de floración (9 DDF) se registró interacción densidad x híbrido para el porcentaje de radiación interceptada (%RI) por el canopeo. El aumento de la densidad incrementó el %RI en todos los híbridos excepto en AX7784. A 6 pl m⁻² sólo AX7784 alcanzó una intercepción superior al 95%, mientras que a 14 pl m⁻² todos los híbridos alcanzaron más de un 95% de intercepción excepto ACA470 (Figura 2A), en consistencia con los menores IAF alcanzados por este híbrido en alta densidad (Figura 1B). A los 51 DDF el %RI se mantuvo cercano al 90% excepto para el híbrido ACA473 a baja densidad donde cayó por debajo del 85% (Figura 2B). Cabe destacar que la caída en la intercepción de luz entre floración y 51 DDF, siendo en promedio de 25% a 6 pl m⁻² y de 42% a 14 pl m⁻².

La relación entre IAF y %RI se ajustó a una ecuación exponencial a partir de la cual se obtuvo el $IAF_{90\%}$ para cada híbrido (Figura 3). El $IAF_{90\%}$ fue máximo en ACA470 (4.01) en coincidencia con su hábito más erectófilo, y mínimo en AX7784 (3.44) de hábito más planófilo, mientras que ACA473 y AX7822 registraron valores intermedios (3.92-3.93).

Materia seca y su relación con la senescencia del canopeo

El aumento de la densidad redujo significativamente la MS de hojas (36%), tallos (41%) y, en mayor medida, de espigas (49%) por planta (Tabla 1). Esta reducción fue más que compensada por el aumento en el número de plantas por unidad de área, resultando en una mayor MS total por unidad de área al aumentar la densidad (24%) mientras que no se registraron diferencias significativas en rendimiento entre

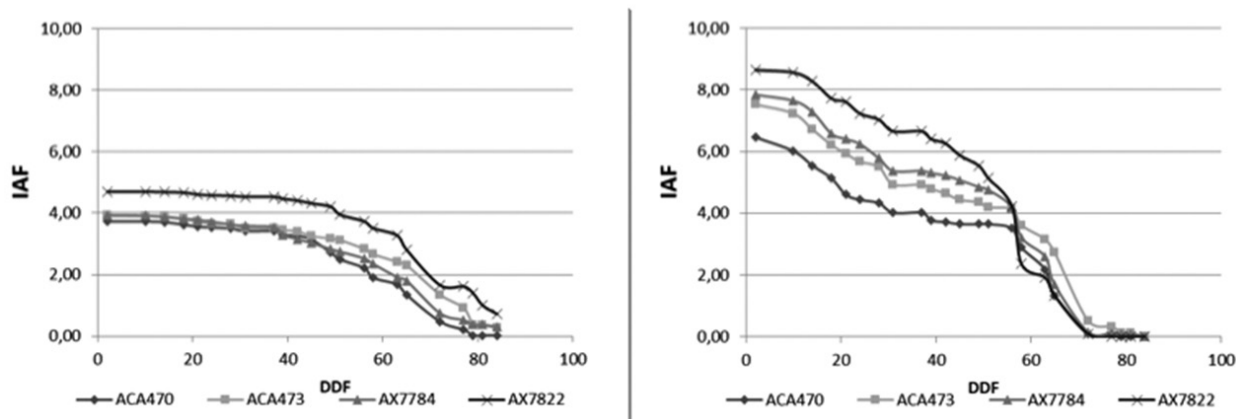


Figura 1. Caída del índice de área foliar (IAF) desde floración hasta madurez fisiológica en 4 híbridos de maíz a 6 pl m⁻² (A) y 14 pl m⁻² (B). El seguimiento de la senescencia foliar se realizó sobre 3 plantas marcadas en cada parcela (n=12).

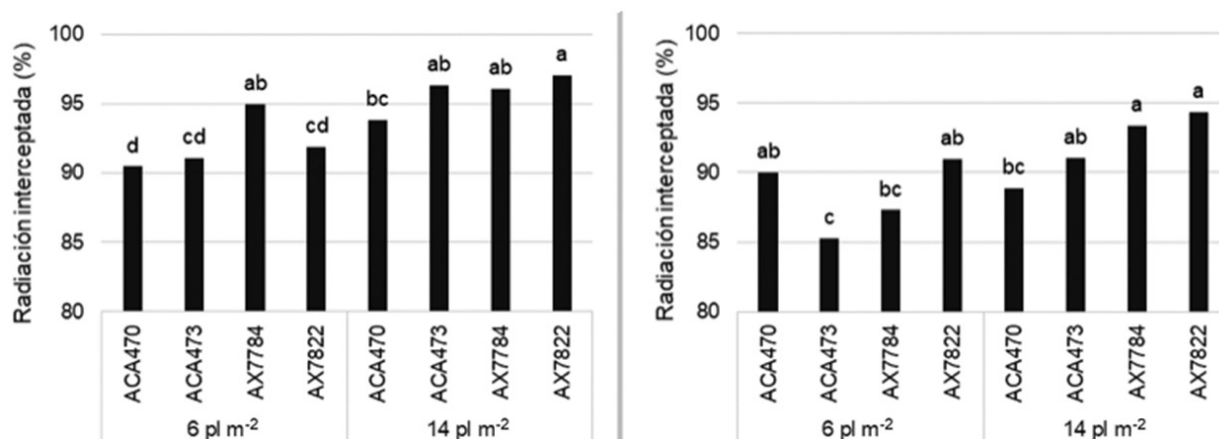


Figura 2. Porcentaje de la radiación interceptada por el canopeo en 2 densidades, 6 y 14 pl m⁻², y 4 híbridos a los 9 DDF (A) y a los 51 DDF (B). Las medidas se realizaron en días soleados entre las 12 y 14 hs a la altura de la última hoja fotosintéticamente activa. Las letras indican grupos homogéneos (P < 0,05) de acuerdo al test de DMS.

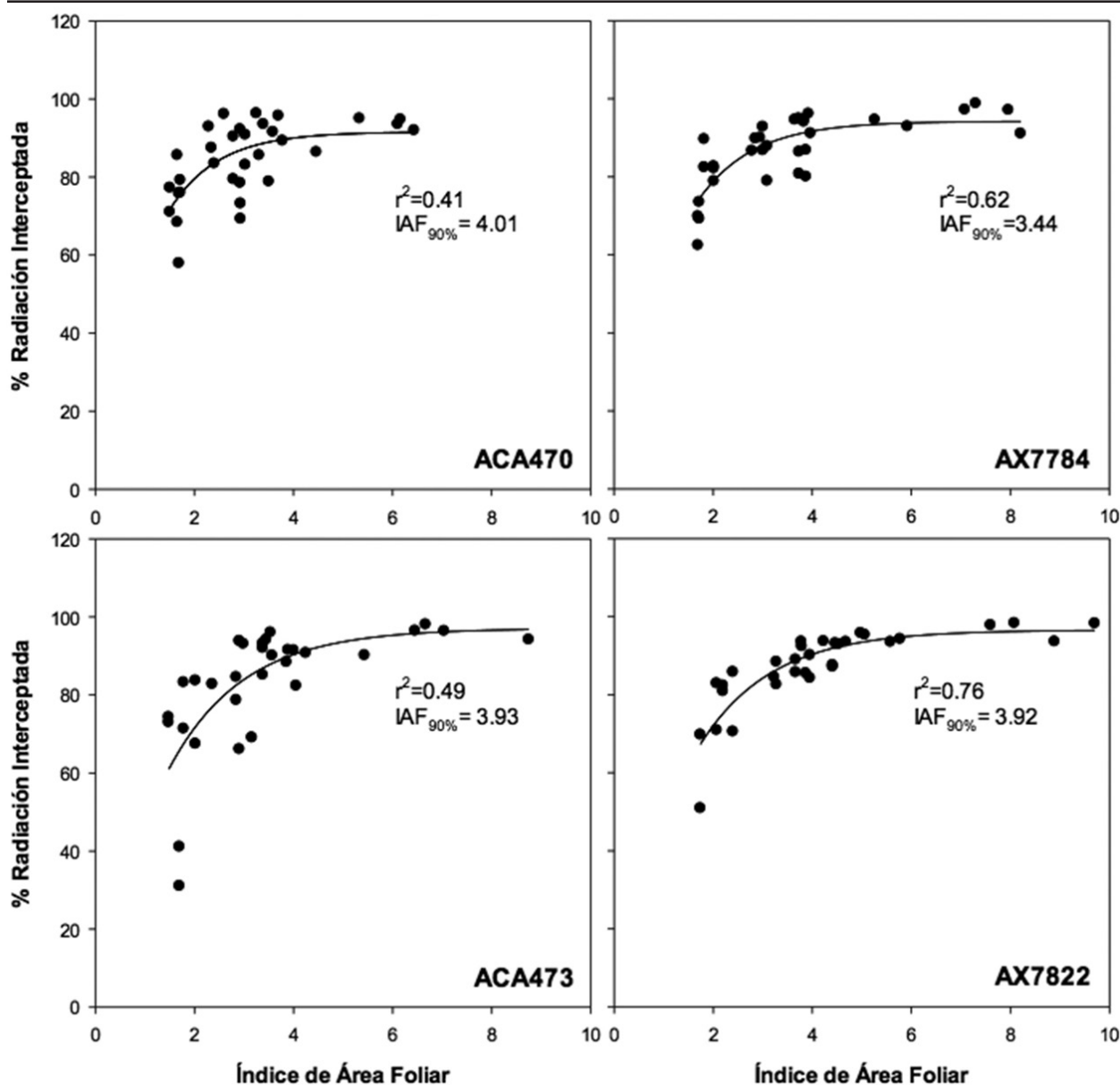


Figura 3. Relación entre el Índice de Área Foliar alcanzado y el % de Radiación Interceptada en los distintos híbridos evaluados. A partir de la ecuación exponencial obtenida se calcularon los IAF a los que se intercepta el 90% de la radiación incidente (IAF_{90%}) en cada híbrido. En cada regresión se combinaron mediciones de dos fechas (9 y 51 DDF), dos densidades (6 y 14 pl m⁻²) y dos alturas en el canopeo (altura de la espiga y a nivel de última hoja fotosintéticamente activa).

Tabla 1. Resultados del ANOVA para materia seca (MS) de hojas, tallos, espigas, rendimiento, materia seca total (MS) e índice de cosecha (IC) de 4 híbridos de maíz cultivados bajo densidades contrastantes, 6 y 14 pl m⁻². En todos los casos, los resultados son promedios obtenidos de 12 plantas muestreadas por tratamiento.

Densidad (pl m ⁻²)	Hibrido	Hoja (g pl ⁻¹)	Tallo (g pl ⁻¹)	Espiga (g pl ⁻¹)	Rendimiento(kg m ⁻²)	MS total (kg m ⁻²)	IC
6	ACA470	80,9	67,7	199,3	1,24	2,16	0,56
	ACA473	79,7	82,4	229,5	1,42	2,43	0,59
	AX7784	73,8	74,6	202,0	1,25	2,17	0,58
	AX7822	89,1	94,4	237,0	1,47	2,61	0,57
14	ACA470	48,6	49,2	99,4	1,39	2,76	0,50
	ACA473	50,6	46,0	117,0	1,64	2,99	0,54
	AX7784	52,9	44,9	118,5	1,66	3,03	0,55
	AX7822	53,8	43,6	104,7	1,47	2,83	0,51
Caída relativa al aumentar la densidad	ACA470	39,9	27,2	50,1	-12,6	-28,0	10,2
	ACA473	36,5	44,2	49,0	-15,1	-23,2	8,4
	AX7784	28,3	39,7	41,3	-32,5	-39,4	5,4
	AX7822	39,6	53,8	55,8	0,3	-8,5	8,9
P (Densidad)		***	***	***	NS	**	**
P (Hibrido)		NS	NS	NS	NS	NS	NS
P (Dens x Hib)		NS	+	NS	NS	NS	NS

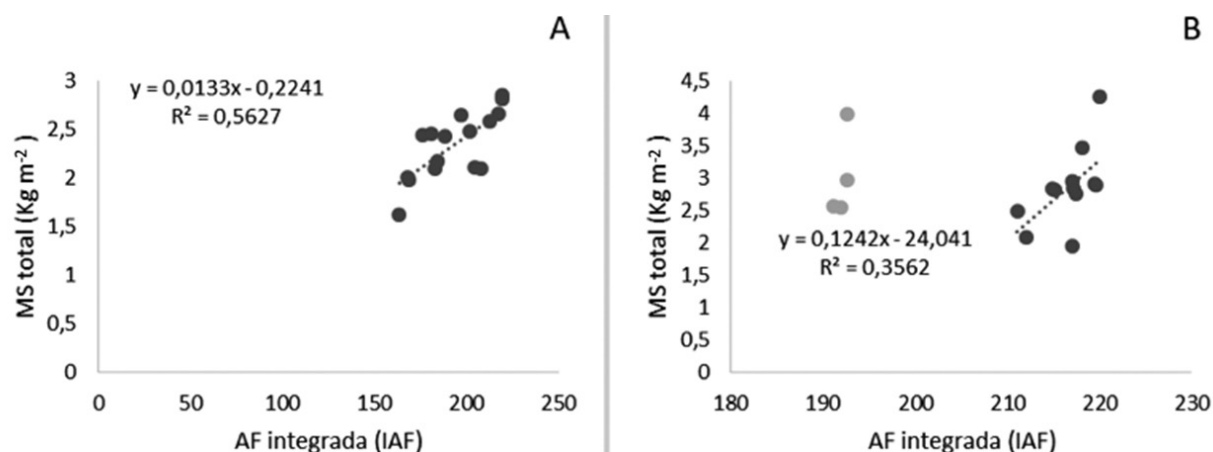


Figura 4. Relación entre el carácter representado por el IAF integrado a lo largo del ciclo y la materia seca (MS) total a madurez fisiológica a 6 pl m⁻² (A) y a 14 pl m⁻² (B). En B, se excluyó al híbrido AX7784 del conjunto.

densidades (Tabla 1). Esto indica que, en estos híbridos, el aumento en la densidad de plantas permite incrementar la intercepción de luz y la MS por unidad de área, pero una menor partición a espiga (reflejada en el menor IC, Tabla 1), impide que esto se traduzca en un mayor rendimiento.

Respecto a los híbridos, no se registraron diferencias entre genotipos para ninguna de las variables analizadas (Tabla 1) a pesar de las diferencias en el comportamiento de la senescencia foliar (Figura 1). Sin embargo, sí se detectó una moderada correlación positiva entre el carácter SG y la MS total a madurez fisiológica a 6 pl m⁻² ($r^2=0,56$) y en menor medida, a 14 pl m⁻² ($r^2=0,36$ excluyendo a AX7784) (Figura 4) mientras que la correlación con el rendimiento fue menor ($r^2=0,39$ y $r^2=0,37$, a 6 y 14 pl m⁻², respectivamente). Cabe destacar que estas correlaciones empeoraron cuando se consideró el IAF hacia el final del llenado o el IAF total integrado en el ciclo como indicadores del carácter SG (datos no mostrados). En términos generales, las correlaciones relativamente bajas entre el carácter SG y la acumulación de MS o el rendimiento están en línea con las escasas diferencias entre híbridos para la intercepción de luz hacia el final del llenado (Figura 2B) y sugieren que en estos ensayos, el llenado no estuvo limitado por el IAF

en el período reproductivo.

CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales predominantes en esta campaña resultaron en altos IAF durante el llenado en ambas densidades y en todos los híbridos. En este contexto, la consideración del IAF al que se alcanza el 90% de intercepción de radiación para la caracterización del fenotipo SG evita la sobreestimación de este carácter al momento de evaluar sus posibles ventajas. Aun así, la relación entre el carácter SG y la acumulación de MS o el rendimiento fue de moderada a baja, sugiriendo que en este ensayo, el llenado de granos no estuvo limitado por el IAF durante el período reproductivo.

BIBLIOGRAFIA

- Acciaresi, H. A., Tambussi, E. A., Antonietta, M., Zuluaga, M. S., Andrade, F. H., & Guiamét, J. J. 2014. Carbon assimilation, leaf area dynamics, and grain yield in contemporary earlier-and later-senescing maize hybrids. *European Journal of Agronomy*, 59, 29-38.
- Antonietta, M., Acciaresi, H. A., & Guiamet, J. J. 2016. Responses to N Deficiency in Stay Green and Non-Stay Green Argentinean Hy-

brids of Maize. Journal of Agronomy and Crop Science., 202(3), 231-242.

- Antonietta, M., Fanello, D. D., Acciari, H. A., & Guiamet, J. J. 2014. Senescence and yield responses to plant density in stay green and earlier-senescing maize hybrids from Argentina. Field Crops Research, 155, 111-119.
- Antonietta M., Girón P., Barraco M., Guiamet J.J. 2020. Respuesta a alta densidad en híbridos de maíz con senescencia foliar contrastante. Memoria Técnica 2019-2020. INTA EEA Villegas. ISSN: 1850-6038.
- Antonietta M., Girón P., Guiamet, J.J. 2019. Respuesta a alta densidad en híbridos de maíz con senescencia foliar contrastante. Memoria Técnica 2018-2019. INTA EEA Villegas. ISSN: 1850-6038.
- Borrás, L., Maddonni, G. A., & Otegui, M. E. 2003. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. Field Crops Research, 82(1), 13-26.
- Borrell, A. K., & Hammer, G. L. 2000. Nitrogen dynamics and the physiological basis of stay green in sorghum. Crop science, 40(5), 1295-1307.
- Borrell, A. K., Hammer, G. L., & Henzell, R. G. 2000. Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought? II. Dry matter production and yield. Crop science, 40(4), 1037-1048.

- Borrell, A. K., van Oosterom, E. J., Mullet, J. E., George Jaeggli, B., Jordan, D. R., Klein, P. E., & Hammer, G. L. 2014. Stay green alleles individually enhance grain yield in sorghum under drought by modifying canopy development and water uptake patterns. New Phytologist, 203(3), 817-830.
- Duvick, D. N. 2005. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). Advances in agronomy, 86, 83-145.
- Girón, P., Antonietta, M., Guiamet, J.J. 2018. Respuesta a alta densidad en híbridos de maíz con senescencia foliar contrastante. Memoria Técnica EEA Gral. Villegas, 2017-2018. pp 43-45.
- Kosgey, J. R., Moot, D. J., Fletcher, A. L., & McKenzie, B. A.. 2013. Dry matter accumulation and post-silking N economy of 'stay-green' maize (*Zea mays* L.) hybrids. Eur. J. Agron. 51, 43–52
- Rajcan, I., & Tollenaar, M. 1999. Source: sink ratio and leaf senescence in maize:: II. Nitrogen metabolism during grain filling. Field Crops Research, 60(3), 255-265.
- Vadez, V., Krishnamurthy, L., Hash, C.T., Upadhyaya, H. D., & Borrell, A. K. 2011. Yield, transpiration efficiency, and water-use variations and their interrelationships in the sorghum reference collection. Crop and Pasture Science, 62(8), 645-655.

CONTROL POST EMERGENTE DE RAMA NEGRA

Lobos, Martín¹

¹INTA General Villegas, Becario Doctoral CONICET.

lobos.horacio@inta.gov.ar

PALABRAS CLAVE:

barbecho, rama negra, herbicidas.

INTRODUCCIÓN

Los herbicidas inhibidores de la enzima aceto lactato sintetasa (ALS) son los más utilizados en Rama negra (*Conyza bonariensis*, *Conyza sumatrensis*), entre ellos diclosulam, clorimuron; sin embargo, las continuas fallas y la reciente confirmación de biotipos de esta maleza con resistencia múltiple a glifosato, hormonales e inhibidores de la ALS, llevó a la búsqueda de alternativas químicas que controlen a esta maleza en post emergencia. El objetivo del ensayo fue evaluar la velocidad de quemado y rebrote de rama negra a través de diferentes alternativas químicas de pre siembra de soja.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se instaló en la Estación Experimental INTA General Villegas. Los productos utilizados en el ensayo se observan en la Tabla 1. Todos los productos se aplicaron con el coadyuvante grass bio de Ligier a razón de 100 cc cada 100 litros de agua. Se evaluó la eficacia

Tabla 2. Método y condiciones ambientales al momento de la aplicación de los herbicidas.

Boquillas:	turbo teejet abanico plano
Volumen de aplicación:	135 Lt ha ⁻¹
Presión utilizada:	2,8 bares
Fecha de aplicación:	8/12/2020
Temperatura:	28 °C
Viento:	15 km/h
Humedad Relativa:	51%
Primera lluvia posterior a la aplicación:	11/12/2020 8 mm

Tabla 1. Marca comercial, principio activo y dosis utilizadas de los productos evaluados en el ensayo.

Tratamiento	Marca Comercial	Ingrediente activo	Dosis (gr o cc ha ⁻¹)
1	Cerillo	Paraquat + Diuron	2500
2	Lifeline	Glufosinato de amonio	3000
3	Stagger + 2,4D + Glifosato	Piraflufen	150 + 800 + 1500
4	Shark + 2,4 + Glifosato	Carfentrazone	70 + 800 + 1500
5	Heat + 2,4 D + Glifosato	Saflufenacil	35 + 800 + 1500
6	Lifeline + Heat	Glufosinato de amonio + Saflufenacil	3000 + 35
7	Secafol	Paraquat	2500
8	Cerillo + Prometex FW	Paraquat + Diuron + Prometrina	2500 + 400