

A photograph of a cornfield at sunset, with the sky and clouds in shades of orange and yellow. The corn plants are in the foreground, and a line of trees is visible in the distance.

Seamaíz

XI Congreso Nacional de Maíz

**MANEJO DEL CULTIVO,
FERTILIDAD Y USOS**

EFFECTO DE LA RELACIÓN FUENTE DESTINO DURANTE EL PERIODO DE LLENADO DE LOS GRANOS SOBRE LA SENESCENCIA FOLIAR EN MAÍZ CON Y SIN LIMITACIONES HÍDRICAS

Cicore P.^{1,2}; Rizzalli R.²; Andrade F.^{1,2,3} y Dosio G.A.A.^{2,3}

¹EEA INTA Balcarce;

²FCA-UNMDP;

³CONICET.

cicore.paboleandro@inta.gob.ar

THE EFFECT OF SOURCE SINK RATIO DURING GRAIN FILLING PERIOD ON FOLIAR SENESCENCE IN MAIZE ACCORDING TO WATER AVAILABILITY

ABSTRACT

The objective of our research was to analyze the response of senescence to changes in the post-flowering source-sink ratio (SSR) in maize cultivated under contrasting water availability (irrigated or rainfed). We removed ears from the plant at R2, R3, R4 and R5 phenological stages, and measured periodically green leaf area (GLA) and chlorophyll in the ear leaf, the third below and the third above. Leaf senescence was only affected when ears were removed in R3 and R4. In younger leaves, the effect on both variables assessed was earlier and smaller than in older ones. Even if water deficit decreased both, chlorophyll and GLA, the moment and the intensity of the effect did not differ from non-limiting conditions in relative terms. Our findings help to understand the relationship between SSR and leaf senescence and constitute a potential input for growth simulation models, and to guide lines of genetic improvement.

Palabras Clave

Área foliar, Clorofila, Déficit hídrico, Relación fuente destino, Senescencia foliar.

Key Words

Leaf area, Chlorophyll, Leaf senescence, Source sink ratio, Water deficit.

INTRODUCCIÓN

Durante la etapa reproductiva coinciden el crecimiento de los granos y la senescencia foliar, asociándose un beneficio productivo a la prolongación de la vida útil de las hojas en la mayoría de los cultivos. La relación entre la fuente fotosintética y la demanda de asimilados por los destinos (relación fuente-destino, RFD) afecta la dinámica de la senescencia foliar. Estrés bióticos o abióticos severos alrededor de la floración reducen el número de granos fijados, observándose en ciertas condiciones extremas espigas sin granos.

El aumento de la RFD por remoción de la espiga o limitación de la polinización redujo el área foliar verde en maíz (Christensen *et al.*, 1981) y el contenido de clorofila (Sadras *et al.*, 2000), por retrocontrol de la fotosíntesis en respuesta a la acumulación de carbohidratos no estructurales (Ceppi *et al.*, 1987). Una RFD baja también provocaría senescencia anticipada por removilización de nitrógeno hacia los granos (Rajcan y Tollenaar, 1999). Venturino *et al.* (2010), también en maíz, mostraron que cambios moderados o severos en la demanda de los destinos provocan un desbalance en la RFD que afecta la senescencia. El balance equitativo entre la oferta y la demanda de asimilados permitiría la máxima longevidad de las hojas en esta especie,

aunque existen trabajos que no reportaron efecto ante la disminución del 40 % del número de granos (Otegui *et al.*, 2005). Nuestra hipótesis es que existen momentos durante el período de llenado de los granos en los que cambios en la RFD tienen mayor efecto sobre la senescencia foliar.

La condición de estrés hídrico actúa como acelerador de la senescencia foliar por su efecto sobre el intercambio de CO₂ y la tasa fotosintética (Yang *et al.*, 2001), por lo que sería factible que modifique la relación entre la RFD y la senescencia. Asimismo, hojas de diferente edad pueden tener comportamientos distintos respecto de la senescencia ante distinta RFD. La mayoría de los trabajos sobre el tema evaluaron la senescencia en planta entera (Borrás *et al.*, 2003; Otegui *et al.*, 2005) o en una sola hoja (Christensen *et al.*, 1981; Crafts-Brandner *et al.*, 1984), y sólo algunos pocos trabajaron sobre un perfil representativo (Escobar-Gutiérrez *et al.*, 2012).

En función de lo descripto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del aumento de la RFD en distintos momentos del período de llenado de los granos sobre la senescencia foliar en plantas de maíz cultivadas en condiciones hídricas contrastantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron tres experimentos en condiciones de campo en la EEA-INTA de la localidad de Balcarce (37° 45' S; 58° 18' O): uno durante la campaña agrícola 2010/11 (Exp 1), y dos durante la campaña 2011/12 (Exp 2 y Exp 3). El híbrido de maíz utilizado fue AX 820 (Nidera S.A.) y la densidad 80000 plantas por ha. Los experimentos fueron conducidos sin limitaciones hídricas y nutricionales, mediante riego y fertilización, excepto el Exp 3 que se mantuvo en condiciones de secano. La unidad experimental fue de 10 m de largo por cinco surcos de ancho y el diseño experimental fue en BCA con 3 repeticiones. Los tratamientos consistieron en la remoción cuidadosa de la

espiga en diferentes momentos del período de llenado de los granos (aproximadamente R2, R3, R4 y R5, en el Exp 1, y R3, R4, R5, en los Exp 2 y 3, Tabla 1) y un testigo intacto. Las etapas fenológicas fueron definidas según la escala de Ritchie y Hanway (1982). El paso del tiempo fue caracterizado por el tiempo térmico (temperatura base 8°C), y acumulado desde floración u hoja ligulada.

Se seleccionaron 5 plantas representativas por parcela y sobre las hojas de la espiga (E), la tercera por debajo (E-3) y la tercera por encima (E+3) se realizaron, al menos en cinco oportunidades durante el período de llena-

do de los granos, mediciones de área foliar verde (AFV) como el producto del largo y el ancho * 0,75 (Montgomery, 1911) descontándose la proporción no verde, y de clorofila por extracción con N,N dimetilformamida, según la técnica propuesta por Inskeep y Bloom

(1985) en discos de 5 mm de diámetro. La duración del AFV (DAF) y el área bajo la curva de clorofila (ABC), se calcularon por integración de sus curvas de evolución en el tiempo (Shaner y Finney, 1977).

Estado fenológico	Exp 1		Exp 2 y 3	
	°Cd	días	°Cd	días
R2	217	14	-----	----
R3	358	25	366	31
R4	582	43	645	41
R5	764	56	809	55

Tabla 1. Momento de aplicación de los tratamientos en los tres experimentos expresado en °Cd o días desde la floración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de enero, las escasas precipitaciones registradas durante la campaña 2011/12 determinaron severas deficiencias hídricas en el Exp 3 durante el período de llenado de granos (datos no mostrados), que provocaron importantes caídas en los valores de clorofila (50 % menor respecto Exp 1 y 2 a los 500 °Cd, Figura 1.A, B y C), y de AFV (datos no mostrados).

do la remoción de la espiga se realizó en R3 y R4, tanto en condiciones sin limitación hídrica (Figura 1.A y B), como en secano (Figura 1.C). Cuando la interrupción de la demanda ocurrió en estadios más tempranos (R2), o tardíos (R5), su evolución no se diferenció de la del testigo. La misma respuesta se observó en las hojas E-3 y E+3, tanto para esta variable, como para AFV (resultados no mostrados).

La clorofila en la hoja E cayó antes cuan-

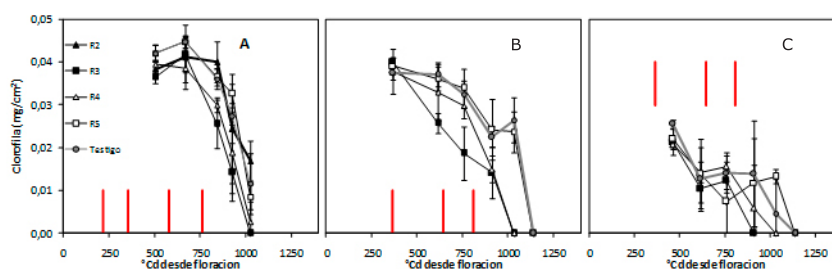


Figura 1. Evolución del contenido de clorofila en la hoja de la espiga (E) en función del tiempo térmico desde floración para los Exp 1 (A), 2 (B) y 3 (C). Dentro de cada figura, las líneas rojas de izquierda a derecha, indican el momento de la remoción de la espiga en R2, R3, R4 y R5, en el Exp 1, y R3, R4 y R5, en los Exp 2 y 3. Cada valor representa el promedio de 3 mediciones.

En la hoja E, los resultados de ABC relativa al valor del testigo de los tres experimentos en función del momento de remoción de las espigas, ajustaron a un modelo polinomial cuyos valores mínimos, alrededor de los 900°Cd, indican el mayor efecto del tratamiento sobre la senescencia (Figura 2.A). Los resultados de las hojas E-3 y E+3 ajustaron a un mismo

modelo, aunque el valor mínimo se adelantó en E+3 y se atrasó en E-3. La magnitud del efecto del aumento de la RFD fue mayor en hojas más viejas (E-3 > E > E+3, Figura 2.B). Los resultados de AFV fueron equivalentes a los de clorofila, tanto en el momento, como en la magnitud del efecto de la remoción de la espiga, en las 3 hojas (Figura 2.B).

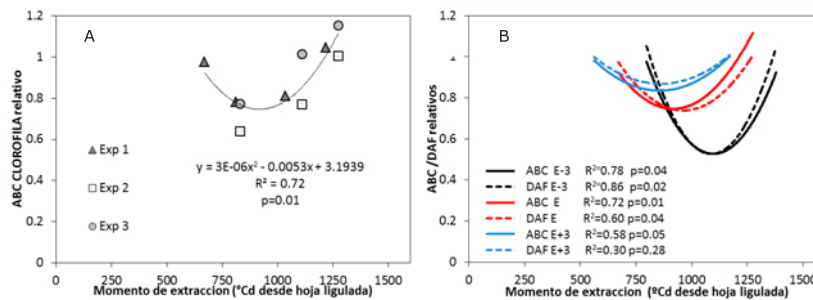


Figura 2: Área bajo la curva de clorofila (ABC) en la hoja de la espiga (E) en función del momento de remoción de la espiga para los Exp 1, 2 y 3 (izquierda), y ABC y duración del área foliar (DAF, derecha) en E (líneas rojas), tres hojas por encima (E+3, líneas azules) y tres hojas por debajo (E-3, líneas negras) en función del momento de extracción de la espiga, para los Exp 1, 2 y 3. Los resultados se presentan en términos relativos al valor del testigo. Las líneas curvas representan el ajuste de los resultados de ABC (entera) o DAF (cortada) a un modelo polinomial.

CONCLUSIÓN

El aumento de la RFD sólo tuvo un efecto acelerador de la senescencia foliar cuando la remoción de la espiga se realizó entre R3 y R4. Si bien la condición de estrés hídrico afectó tanto el contenido de clorofila como el AFV, el momento y la intensidad del efecto coincidieron, en términos relativos, con los resultados obtenidos en condiciones hídricas no limitantes. En hojas más jóvenes, el efecto fue anterior y de menor intensidad que en hojas más viejas. Los resultados de este trabajo permiten conocer mejor la articulación entre fuente fotosintética y demanda reproductiva en esta especie, y constituyen un potencial insumo para enriquecer modelos de crecimiento y orientar líneas de mejoramiento genético.

Referencias

- Borrás L.; Maddoni G.A.; Otegui M.E. 2003. *Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects*. Field Crops Res. 82:13-26.
- Ceppi D.; Sala M.; Gentinetta E.; Verderio A.; Motto M. 1987. *Genotype-dependent leaf senescence in maize*. Plant Physiol. 85: 720-725.
- Christensen L.E.; Below F.E.; Hageman R.H. 1981. *The effects of ear removal on senescence and metabolism of maize*. Plant Physiol. 68:1180-1185.
- Crafts-Brandner S.J.; Below F.E.; Wittenbach V.A.; Harper J.E.; Hageman R.H. 1984. *Differential senescence of maize hybrids following ear removal*. II. Selected leaf. Plant Physiol. 74: 368-373.
- Escobar-Gutiérrez A.; Combe L. 2012. *Senescence in field-grown maize: From flowering to harvest*. Field Crops Res. 134: 47-58.
- Inskeep W.P.; Bloom P.R. 1985. *Extinction coefficients of chlorophyll a and b in D.D-dimethylformamide and 80% acetone*. Plant Physiol. 77:483-485.
- Montgomery E.G. 1911. *Correlation studies in corn*. Annual Report Agricultural Experiment Station of Nebraska, Lincoln. 24: 108-159. Otegui M.E.; Gambín B.L.; Martínez

E.L. 2005. *Senescencia foliar en maíz: diferencias genotípicas ante cambios en la relación fuente-destino postfloración*. 8º Congreso nacional de maíz, Actas. Rosario, Santa Fe, nov 16-18.

Rajcan I.; Tollenaar M. 1999. *Source: sink ratio and leaf senescence in maize: I. Dry matter accumulation and partitioning during grain filling*. Field Crops Res. 60:245-253.

Sadras V.O.; Echarte L.; Andrade F.H. 2000. *Profiles of leaf senescence during reproductive growth of sunflower and maize*. Ann. Bot. 85: 187-195.

Shaner, G.; Finney, R.E. 1977. *The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat*. Phytopathology. 67:1051-1056.

Venturino A.; Dosio G.; Rizzalli R.; Andrade F.H. *Senescencia foliar en un híbrido de maíz ante cambios en la demanda de los destinos*. 28º Reunión Argentina de Fisiología Vegetal, Actas. La Plata, Buenos Aires, sep 26 -29.

Yang J.; Zhang J.; Wang Z.; Zhu Q.; Liu L. 2001. *Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling*. Agron. J. 93:196-206.