

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**

PESO DE GRANOS DE HÍBRIDOS MAÍZ DE DISTINTAS DECADAS ANTE DEFICTS HIDRICOS

Nagore, M. L.^{1*}; Della Maggiora A.¹; Andrade, F. H.^{1,2} y Echarte, L.^{1,2}

¹ Unidad Integrada FCA-UNMDP-INTA Balcarce. Km 73,5 (7620) Balcarce, Bs.A., Argentina;

² CONICET

*nagore.marialujan@inta.gob.ar

KERNEL WEIGHT IN MAIZE HYBRIDS RELEASED IN DIFFERENT DECADES UNDER WATER STRESS

ABSTRACT

Kernel weight has been studied in maize hybrids launched in different decades, but with no reference to variable soil water conditions. The aim of this study was to characterize how kernel weight is set in two modern maize hybrids in contrast to an older one when grown in variable soil water conditions. For this purpose, the rate and duration of kernel growth were surveyed during active grain filling. Three single-cross hybrids were sown in five experiments: DK2F10 (1980) and two modern DK682RR and DK690MG (both 2004). The experiments had variable soil water conditions. Kernel weight reductions in response to reduced soil water availability during grain filling were associated more to kernel filling duration than kernel filling than to grown rate. These results demonstrated that reductions in soil water availability during grain filling would not affect final grain weight in modern hybrids respect to an old hybrid in the South East Region of Buenos Aires province.

Palabras Clave

Disponibilidad de agua, Llenado de granos, Tasa de llenado del grano, Duración del llenado del grano.

Key Words

Water availability, Grain filling period, Grain growth rate, Grain filling duration.

INTRODUCCIÓN

Híbridos modernos de maíz rinden más que los antiguos cuando crecen en condiciones de baja disponibilidad de agua (Reyes *et al.*, 2015; Nagore *et al.*, 2017), siendo el número de granos el componente del rendimiento que mejor explica las variaciones en el rendimiento (Nagore *et al.*, 2017). Sin embargo, el peso de los granos (PG) puede tener un impacto sobre el rendimiento en híbridos modernos de alto potencial (Cerrudo *et al.*, 2013; Olmedo Pico, 2014).

El PG es el resultado del crecimiento de los mismos a partir de la fecundación del ovario y se distinguen dos etapas: i) la primera fase de llenado de granos o fase "lag", donde se define el número de células endospermáticas y de gránulos de almidón y se determina el peso potencial del grano, un estrés hídrico en esta etapa puede resultar en reducciones del mismo (Jones *et al.*, 1985); y ii) la segunda fase de crecimiento lineal o efectivo del grano, donde se acumula el 90% del PG, se caracteriza por la duración efectiva (DE) y por la tasa de crecimiento del grano (TCG). La TCG se asocia con el tamaño potencial del grano, pero no presentó una tendencia clara con el año de liberación del híbrido (Echarte *et al.*,

2006). Una baja disponibilidad hídrica durante el llenado de granos puede reducir el PG por medio del acortamiento en la DE, cuando la removilización de carbohidratos solubles no es suficiente para abastecer la demanda de la espiga.

No hay reportes previos que estudien la influencia de limitaciones de agua sobre el PG ni sus determinantes (i.e. tasa y duración) en híbridos de maíz de distinto año de liberación en el mercado. Se espera que deficiencias de agua durante el llenado de granos resulten en mayores reducciones del PG en híbridos modernos que en antiguos. Dada una mayor capacidad de fijación de granos de los híbridos modernos frente a condiciones limitantes de agua en el suelo (Nagore *et al.*, 2017) se espera que el PG sea afectado en mayor medida en los híbridos de reciente liberación.

El objetivo de este trabajo es caracterizar la determinación del PG en dos híbridos modernos y en uno antiguo en condiciones de agua contrastante en el suelo, a través del estudio de la influencia de la disponibilidad de agua durante el llenado de granos sobre la tasa y la duración del crecimiento del grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de 5 experimentos, realizados en la UI Balcarce, Bs As, Argentina (37°45'S, 58°18'O y 130 msnm), durante las campañas 2008/09 (Exp 1); 2009/10 (Exp 2); 2010/11 (Exp 3) y 2012/13 (Exp 4 y 5). Se sembraron 3 híbridos simples de maíz: DK2F10 (liberado en 1980); DK682RR y DK690MG (liberados en 2004). El híbrido DK690MG estuvo presente en los Exps. 2 y 3. Los tratamientos de disponibilidad de agua fueron: regado (R; Exps 1 a 5); seco (S; Exps 1 a 5); seco desde floración (SDF; Exp. 1); seco durante período crítico (SPC; Exp. 2) o durante el llenado de los granos (SLL; Exp. 2). El riego se realizó por goteo. Las fechas de siembras fueron entre el 20 y 23 de octubre, con una densidad de 7 pl m⁻². El diseño fue DBCA con

arreglo en parcelas divididas. La humedad del suelo se determinó de manera semanal por una combinación de los métodos gravimétricos y de atenuación de neutrones hasta 140 cm de profundidad. El contenido de agua del suelo en cada unidad experimental fue expresado como un % del agua disponible del suelo (AD), calculada como la diferencia entre el agua real del suelo y el punto de marchitez permanente, dividido el agua disponible a capacidad de campo. El peso de los granos (PG) se determinó contando 1000 granos por parcela, obtenidos a partir de la cosecha de plantas en 10 metros lineales de los surcos centrales de cada parcela. La evolución del PG sólo se determinó en los experimentos 2 a 5, de manera semanal, a partir de inicio de

llenado de granos (R3) y hasta cosecha, tomando un total de 15 granos del centro de las espigas en 3 plantas por parcela. Los granos fueron pesados luego de ser colocados en estufa a 100°C. La TCG durante la fase lineal del período de llenado de granos se determinó por análisis de regresión; ajustando un modelo lineal + plateau (GraphPad Prism 5.0; ecuaciones 1 y 2) entre PG y la suma térmica en cada momento de muestreo ($t_b = 8^\circ\text{C}$): 1- $\text{PG} = a + b X_0$; si $X_0 \leq c$; 2- $\text{PG} = a + b c$; si $X_0 > c$; donde X_0 es la suma térmica acumulada desde R1 ($^\circ\text{C}$ días), a es la ordenada al

origen, b indica la tasa de llenado efectivo del grano o TCG ($\text{mg } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ d}^{-1}$) y c representa el tiempo acumulado después de floración hasta alcanzar el máximo PG a partir del cual el crecimiento de los granos prácticamente es nulo (plateau). Ese momento se consideró madurez fisiológica (MF). Los parámetros así estimados se compararon entre tratamientos mediante intervalos de confianza al 95%. La duración del período de llenado efectivo del grano (o de la fase lineal) se estimó como el cociente entre PG final y la TCG.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos hídricos en todos los experimentos resultaron en una amplia variedad de condiciones de disponibilidad de agua en el suelo durante el llenado de granos. El PG fue mayor en los híbridos modernos que en el antiguo a través de los distintos ambientes de disponibilidad de agua durante el llenado de granos (Figura 1a). Híbridos modernos de maíz, creciendo bajo determinadas situaciones de disponibilidad hídrica, tuvieron un mayor PG que híbridos más antiguos (Barker *et al.*, 2005; Edmeades *et al.*, 2003). Sin embargo, en condiciones potenciales no se observó una tendencia entre el PG y el año de liberación de los híbridos (Duvick, 2005; Echarte *et al.*, 2006); estas discrepancias pueden deberse a las diferencias en los genotipos empleados y/o

al tipo, momento e intensidad del estrés generado. Las disminuciones en PG, asociadas a la menor disponibilidad de agua, fueron similares entre híbridos liberados en distintas décadas, aunque fueron levemente mayores en uno de los híbridos modernos (DK682RR; Figura 1a) que exploró todo el rango de AD (8%) respecto del híbrido antiguo (6,2%). En concordancia, un estudio previo informaba mayores reducciones en el PG en respuesta a la remoción casi total de hojas, en los híbridos liberados en 1993 respecto de híbridos anteriores (Echarte *et al.*, 2006). Resultados de este trabajo demuestran, entonces, que un mayor PG es un mecanismo que también contribuyó a la generación de un mayor rendimiento en híbridos modernos respecto de uno antiguo liberado en 1980.

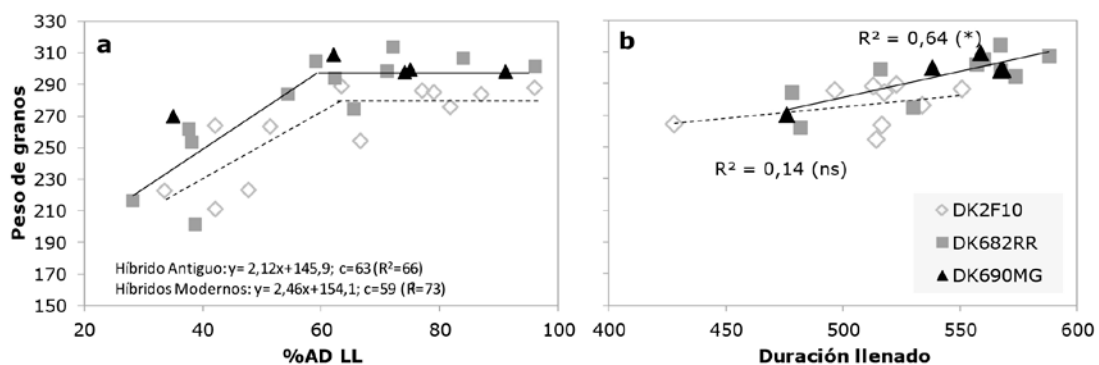


Figura 1. Peso de mil granos (PG, g) en función del agua disponible durante el llenado de granos (ADII; %) en **a** y en función de la duración del llenado de granos ($^\circ\text{C}^{-1} \text{ d}^{-1}$) en **b**; en los híbridos antiguo (DK2F10; rombos) y modernos (DK682RR; cuadrados y DK690MG; triángulos), en condiciones de disponibilidad agua contrastante en 5 experimentos. Los ajustes lineal-plateau son distintos entre híbridos modernos y antiguo ($p < 0,05$).

La TCG fue similar entre híbridos y entre tratamientos de disponibilidad de agua, en cada experimento; mientras que la DE tendió a ser mayor en los híbridos modernos que en el antiguo (Tabla 1) y a disminuir en respuesta a AD decreciente. Entonces, el mayor PG de los híbridos modernos respecto del híbrido antiguo, creciendo en distintas condiciones de disponibilidad de agua, se asociaría con una mayor duración del llenado efectivo y no con aumentos en su TCG (Tabla 1). Es decir que, para este conjunto de híbridos en particular, los modernos presentarían un mayor tamaño potencial del grano (Figura 1a), que en conjunto con su mayor número de granos (Nagore *et al.*, 2017) promovieron una mayor demanda de la espiga. En el presente estudio, reducciones en la duración del llenado efectivo del grano se

asociaron con disminuciones en la disponibilidad de agua en híbridos de distintas décadas y promovieron reducciones en PG en los híbridos modernos. Estudios previos, utilizando híbridos de maíz liberados en distintas épocas en Argentina (e.g. Echarte *et al.*, 2006; Cerrudo *et al.*, 2013; Olmedo Pico, 2014), sugieren que el PG de los híbridos actuales podría ser altamente deteriorado ante estreses durante el llenado de granos, dada su gran capacidad de fijar de granos y la menor capacidad de su fuente. El presente trabajo demuestra que, para el conjunto de híbridos evaluados, reducciones en la disponibilidad de agua en el suelo, frecuentes en el SE de la provincia de Buenos Aires, no comprometerían en mayor medida el llenado de los granos en los híbridos modernos respecto de híbridos antiguos.

CONCLUSIÓN

El PG fue mayor en los híbridos modernos que en el antiguo y disminuyó ante reducciones en la disponibilidad de agua durante el llenado de granos en todos los híbridos. El PG tendió a disminuir en mayor medida en uno de los híbridos modernos. Las reducciones en PG debidas a limitaciones en la disponibilidad de agua se asociaron principalmente con un acortamiento de la duración del llenado efectivo de granos, más que con diferencias en la tasa de llenado de los mismos. El presente trabajo demuestra que, para el conjunto de híbridos evaluados, reducciones en la disponibilidad de agua en el suelo, que pueden ocurrir normalmente en el SE de la provincia de Buenos Aires, no comprometerían en mayor medida el llenado de los granos en los híbridos modernos respecto de híbridos antiguos.

	Trat	TCG (mgr grano °C ⁻¹ día ⁻¹)			DE (°C días)				
		DK2F10	DK682RR	DK690MG	DK2F10	DK682RR	DK690MG		
Exp.2	R	0,562	0,542	0,525	A	513	557	568	A
	SLL	0,574	0,546	0,553	A	497	560	559	A
	SPC	0,550	0,581	0,526	A	518	516	567	A
		a	a	a		c	b	a	
Exp.3	R	0,554	0,513	0,560	B	523	574	538	A
	S	0,616	0,559	0,569	A	428	482	476	B
		a	a	a		a	a	a	
Exp.4	R	0,521	0,554		A	551	567		A
	S	0,511	0,594		A	517	478		A
		a	a			a	a		
Exp.5	R	0,517	0,523		A	534	588		A
	S	0,495	0,519		A	515	530		A
		a	a			b	a		

Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas entre los híbridos (p<0,05; LSD); letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos de disponibilidad de agua (p<0,05; LSD).

Tabla 1. Tasa de llenado de los granos (TCG; mgr grano °C⁻¹ día⁻¹) y duración del período efectivo de llenado de los granos (DE; °C día), en los experimentos 2 a 5, para los híbridos modernos (DK682RR y DK690MG) y el híbrido antiguo (DK2F10), en los tratamientos de disponibilidad hídrica regado (R), secano (S), secano durante el llenado de granos (SLL) y secano durante el período crítico (SPC).

Referencias

- Barker T, Campos H, Cooper M, Dolan D, Edmeades G, Habben J, Schussler J, Wright D, Zinselmeier C. 2005. *Improving drought tolerance in maize*. In: Janick J, ed. *Plant Breeding Reviews*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 173–253.
- Cerrudo A., Di Matteo J., Fernandez E., Robles M., Olmedo Pico L., Andrade F. 2013. *Yield components of maize as affected by short shading periods and thinning*. *Crop & Pasture Science*. 64: 580-587.
- Duvick, D.N., Donald, L.S., 2005. *The Contribution of Breeding to Yield Advances in maize (Zea mays L.)*. *Advances in Agronomy*. Academic Press, pp. 83-145
- Echarte, L., and M. Tollenaar. 2006. *Kernel set in maize hybrids and their inbred lines exposed to stress*. *Crop Sci*. 46:870–878.
- Edmeades, G.O., Schussler, J., Campos, H., Zinselmeier, C., Habben, J., Collinson, S., Cooper, M., Hoffbeck, M., Smith, O., 2003. *Increasing the odds of success in selecting for abiotic stress tolerance in maize*. *Proceedings of the 5th Australian Maize Conference (Versatile Maize - Golden Opportunities)*, 16-28.
- Jones, R.J., J.A., R., S., O., 1985. *Thermal environment during endosperm cell division in maize: Effect on number of endosperm cells and starch granules*. *Crop Science* 25, 830-834.
- Nagore, M.L., Della Maggiora, A., Andrade, F.H., Echarte, L., 2017. *Water use efficiency for grain yield in an old and two more recent maize hybrids*. *Field Crops Research* 214, 185-193.
- Olmedo Pico, L., 2014. *Relación fuente destino en el período de llenado de grano en maíz*. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce.
- Reyes A., Messina C.D., Hammer G.L., Liu L., Oosterom E.V., Lafitte R., Cooper M., 2015. *Soil water capture trends over 50 years of single-cross maize (Zea mays L.) breeding in the US corn-belt*. *J. of Exp. Bot*. 66, 7339-7346.