

GENOTIPO, DENSIDAD DE PLANTAS Y FECHA DE SIEMBRA EN MAÍZ PISINGALLO: VARIACIONES EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO

C. BALBI⁽¹⁾; N. NEIFF⁽¹⁾ y A.G. CIRILO⁽²⁾

RESUMEN: La fecha de siembra y la densidad de plantas son una eficiente herramienta de manejo para maximizar el rendimiento en grano en áreas marginales, tales como el Nordeste Argentino. Debido a la escasa información sobre el desempeño de genotipos de maíz pisingallo en la región, nosotros evaluamos el rendimiento y la calidad del grano de este tipo de maíz en condiciones potenciales (sin limitantes hídricas y nutricionales). A partir de un arreglo factorial, se condujeron en dos fechas de siembra (FS-Te: Fecha temprana y FS-Ta: Fecha tardía), dos híbridos pisingallo (P625 y P802) con dos densidades de plantas (6 y 8,8 pl.m⁻²). FS-Ta expuso el cultivo a una temperatura más alta hasta la aparición de estigmas (R1) y a temperaturas más bajas durante el llenado de granos. Combinaciones de FS-Te y altas densidades alcanzaron rendimientos mayores a 8 Tn ha⁻¹, lo que revela el alto potencial regional para la producción de este maíz. En cambio, los rendimientos fueron reducidos drásticamente en FS-Ta. El volumen de expansión y el tamaño de los granos alcanzaron valores normales para el mercado en FS-Te. Sin embargo, altas densidades en FS-Ta produjeron importantes disminuciones en los parámetros de calidad evaluados.

ABSTRACT: Sowing date and plant density is an efficient management tool for maximizing grain yield in marginal areas, such as the Northeast of Argentina. Because the paucity of information on popcorn performance for genotypes maize in this region, we evaluated yield and quality grain in a split-split plot design at two growing seasons, early (FS-Te) and late (FS-Ta) sowing date. The experiment was carried out in optimal hydric and nutrient conditions. We use two hybrids (P625 and P802) at two plant densities (6 and 8.8 pl.m⁻²). FS-Ta showed higher temperature during vegetative season but lower temperature in grain filling in comparison with FS-Te. A combination of early sowing date and high density showed the highest yield (>8 Tn ha⁻¹), revealing the favourable condition for popcorn production. Popping volume and kernel size reached values according to market requirements in early sowing. However, quality parameters assessed decreased with late sowing date and high plant density.

Palabras claves: *Zea mays everta*, número de granos, condiciones potenciales, calidad de grano, volumen de expansión, K10.

Key words: *Zea mays everta*, Kernel set, Potential conditions, grain quality, popping volume, K10.

INTRODUCCIÓN

El maíz pisingallo (*Zea mays everta*) se diferencia de otros maíces debido a su capacidad de formar grandes copos cuando el grano explota en respuesta al calor (Ziegler, 2001). Argentina alcanzó producciones en el orden de las 150 a 190 mil toneladas por año de este tipo de maíz, exportándose casi en su totalidad (MAIZAR, 2006). El maíz pisingallo posee un sobreprecio que oscila entre 2,5 y 3 veces más respecto de otros

(1) Cátedra de Cultivos I, Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE, Corrientes, Argentina, e-mail: cnbalbi@agr.unne.edu.ar;

(2) Estación Experimental Agropecuaria Pergamino, INTA, Pergamino (Bs. As.), Argentina.

tipos de maíces convencionales. Esto podría ser de gran importancia en áreas marginales, donde los puertos de embarque de *commodities* se encuentran a grandes distancias, encareciendo su comercialización debido a los elevados costos de traslado. El Nordeste Argentino es considerado un área marginal para los cultivos, debido a la alta variabilidad de los factores determinantes del ambiente de producción (Balbi *et al.*, 2010).

El rendimiento en grano es un rasgo muy importante en maíz pisingallo así como en otros tipos de maíces (Mehmet *et al.*, 2005). El mejoramiento de rasgos agronómicos en maíz pisingallo ha sido más bajo que en los maíces dentados. Además, los mejoradores de maíz pisingallo deben prestar especial atención a rasgos referidos a la calidad del grano (Dofing *et al.*, 1990 ; Ziegler, 2001). Por ejemplo, el volumen de expansión y el porcentaje de granos no expandidos varió de 18,50 a 35,25 cm³g⁻¹ y de 2,42 de 9,90 %, respectivamente (Soylu y Tekkanat, 2007). Estos valores indican importantes cambios en calidad únicamente atribuidos a diferencias genotípicas.

Existen estudios que hablan del componente genotípico como el principal factor que afecta el rendimiento (Pajic, 1990; Pajic y Babic, 1991). Sin embargo, Gözübenli y Konuşkan (2010) expresan que el rendimiento fue significativamente afectado por prácticas culturales, tales como distintas dosis de Nitrógeno y densidad de plantas. Por otra parte, las modificaciones en fecha de siembra están estrechamente relacionadas con la oferta ambiental que explora el cultivo.

A pesar de los avances en otros tipos de maíces, en la región NEA se desconoce cuáles son los principales factores que afectan el rendimiento y la calidad de grano en maíz pisingallo. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la elección del cultivar y modificaciones del stand de plantas y fecha de siembra sobre el rendimiento y la calidad de maíz pisingallo en el Nordeste Argentino.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE (Corrientes, Argentina; 27°28'S y 58°47'O, 50 msnm), se realizó un experimento durante la campaña 2009/2010. En un arreglo factorial se sembraron en dos fechas de siembra (FS): (i) en la parcela principal, dos híbridos comerciales de maíz pisingallo (Alumni Seed P802 y P625 de Satus Ager S.A.) y (ii) en la sub parcela, dos densidades correspondientes a 6 y 8,8 pl m⁻² en surcos distanciados a 0,52 m. Ambas siembras (FS temprana y tardía) se condujeron sin limitantes hídricas ni nutricionales y con un adecuado control de malezas, plagas y enfermedades. Cada unidad experimental consistió de 7 surcos de 10 m de largo (36,4 m²). Se registraron los estados fenológicos (Ritchie y Hanway, 1982) cuando el 50% de las plantas alcanzaron los estados de: emergencia (VE), aparición de estigmas (R1) y madurez fisiológica (R6). Los valores de temperatura del aire y radiación solar incidente fotosintéticamente activa (RFA) fueron obtenidos de una estación meteorológica distante 17 km del sitio experimental. Se utilizó el método residual para el cálculo del tiempo térmico acumulado en el ciclo total de crecimiento (temperatura base: 8°C; Andrade *et al.*, 1996). Se cosecharon manualmente las espigas (ca. 15 % de humedad en grano) presentes en 5 m sobre cada uno de los 3 surcos centrales de cada parcela

(7,8 m²) y se trillaron a mano, venteando luego los granos en una máquina estacionaria. Se calculó el rendimiento a partir del peso de granos de la muestra y la densidad de plantas de cada parcela, corregido a 13,5% de humedad. Se calculó el número de granos en diez gramos (K10) a partir del peso medio de grano. El número de granos por m² fue calculado a partir del rendimiento por parcela y el peso medio de grano. Los granos fueron aireados hasta alcanzar humedad de 13,5% y se determinó su volumen de expansión (Ziegler, 2001) en un equipo MWVT (Metric Weight Volume Tester, C. Cretors y Co., 176 Mittel Drive, Wood Dale, IL 60191). El análisis estadístico de los efectos de los factores analizados y sus interacciones, la comparación entre medias (LSD Fisher; $\alpha=0,05$) y los análisis de regresión y correlación entre variables se realizaron utilizando el software InfoStat a partir de modelos lineales (Di Rienzo, 2008; V1.0, FCA-UNC, Córdoba, Argentina).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La duración relativa de la etapa vegetativa y reproductiva (para ambos genotipos), se modificó debido a cambios en las temperaturas medias exploradas en las distintas fechas de siembra. A pesar que la temperatura promedio de todo el período VE-R6 fue similar en ambas fechas (ca. 26,2 °C), en la siembra tardía fue 2,5 °C mayor en la etapa vegetativa (VE-R1) y 2,7 °C menor en la etapa reproductiva (R1-R6) respecto de la siembra temprana. P802 no presentó cambios en la suma térmica a floración ante cambios en fecha de siembra, evidenciando una aparente insensibilidad al fotoperiodo a diferencia del híbrido P625.

Estas diferencias, junto con la variación estacional en la oferta de radiación, determinaron una acumulación de radiación incidente en la etapa VE-R1 semejante en ambas fechas (552 Mj m⁻²), pero 17,4% menor en la etapa R1-R6 para la siembra tardía (499 vs 604 Mj m⁻² para la siembra tardía y temprana, respectivamente; Tabla 1).

Tabla 1: Modificaciones en la fenología y condiciones climáticas durante la estación de crecimiento de dos híbridos pisingallo a partir de cambios en la fecha de siembra (FS).

FS	Híbridos	Días a emerg.	Emergencia (VE)-Floración (R1)			Floración (R1)-Madurez fisiológica (R6)			Unid. Termicas acum. en el ciclo (°C día)
			Días	Temp. Media (°C)	RFA acum. (Mj m ⁻²)	Días	Temp. Media (°C)	RFA acum. (Mj m ⁻²)	
25 set	P625	8	56	25,4	555	57	26,8	599	2.046
	P802	9	55	25,4	545	58	27,2	609	2.070
28 dic	P625	4	54	28,0	561	61	24,2	498	2.068
	P802	4	51	27,8	547	61	24,4	500	2.084

El rendimiento en grano varió de manera significativa según híbrido, densidad y fecha de siembra adoptados (Tabla 2). P802 rindió en promedio 13% más que P625, mientras que la densidad alta incrementó el rendimiento en 31% respecto de la menor densidad y la siembra tardía lo redujo en 39% en relación a la temprana. Sin embargo, se

detectaron interacciones significativas entre estos factores (Tabla 2). Por ejemplo, las diferencias entre híbridos se observaron principalmente en la fecha temprana a baja densidad (rendimientos en grano de P802 > P625). La caída en rendimiento por demora en la siembra fue más marcada en P802, mientras que el aumento de rendimiento por mayor densidad fue más notable en el P625 (Tabla 2). Estos resultados concuerdan con Yilmaz *et al.* (2008), los cuales reportaron que el rendimiento de maíz y sus componentes fueron significativamente afectados por densidades de plantas y distintos genotipos de maíz. Gözübenli y Konuşkan (2010) encontraron los mayores rendimientos de maíz pisingallo con altas densidades (8,8 pl m⁻²) con dosis de Nitrógeno de 180 Kg ha⁻¹. Sin embargo, nuestros resultados muestran menores incrementos en rendimiento en fechas de siembra tardía, debido a condiciones ambientales restrictivas para la determinación del rendimiento y calidad de grano en dicha fecha.

Tabla 2: Rendimiento en grano y sus componentes (número y peso) y calidad del grano (K10 y volumen de expansión) de dos híbridos pisingallo sembrados en dos fechas de siembra con dos densidades

Híbrido	Fecha de siembra	Densidad (pl m ⁻²)	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Peso de grano (mg)	Número de granos (m ⁻²)	K10 (granos [10g] ⁻¹)	Volumen de expansión (cm ³ g ⁻¹)
P625	25 Set	6,0	4935 c ^a	154 d	3200 cd	65,0 c	43,2 ab
		8,8	7989 a	153 d	5212 a	65,3 c	42,7 ab
	28 Dic	6,0	3845 d	140 e	2758 f	71,8 b	42,7 ab
		8,8	4568 c	131 e	3492 c	76,5 a	39,1 c
P802	25 Set	6,0	6897 b	199 a	3466 c	50,4 f	44,1 a
		8,8	8381 a	184 b	4557 b	54,1 e	43,9 a
	28 Dic	6,0	4013 d	184 b	2186 g	55,0 e	41,9 b
		8,8	4883 c	168 c	2916 df	59,8 d	39,5 c
Fuente de variación			P valor				
Híbrido (H)			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ns
Fecha siembra (F)			0,0001	0,02	<0,0001	0,01	0,006
Densidad (D)			<0,0001	0,0002	<0,0001	0,0001	0,001
H X F			0,003	ns	0,02	ns	ns
H X D			0,02	ns	0,005	ns	ns
F X D			<0,0001	0,03	<0,0001	0,06	0,007

Del mismo modo, el incremento de rendimiento en respuesta al aumento de densidad fue superior en la siembra temprana respecto de la tardía. En consecuencia, el máximo rendimiento se alcanzó en ambos híbridos con siembra temprana y alta densidad, revelando el alto potencial productivo de la zona (>8 Ton ha⁻¹). Si bien, los aumentos en densidad de plantas en maíz reducen la tasa de crecimiento por planta en floración disminuyendo el número de granos que puede fijar (Andrade *et al.*, 1999), en ambientes con alta potencialidad (i.e. fechas tempranas) dichas disminuciones no son tan marcadas.

Por otro parte, P802 tuvo granos más pesados que P625 (184 vs 144 mg, respectivamente; Tabla 2), reduciéndose (para ambos híbridos) debido a aumentos de la densidad en siembra tardía respecto de la temprana (interacción D x F; p=0.03).

El volumen de expansión también desmejoró notablemente por aumento de la densidad en siembra tardía, efecto no observado en la fecha temprana (Fig. 1A). Las disminuciones en RFA en fechas tardías estarían explicando estas diferencias, ya que no

se presentaron cambios tan marcados en la duración de la etapa R1-R6. En consecuencia, el índice K10 desmejoró, con aumentos de 15 a 20% respecto de siembra temprana (Fig. 1B).

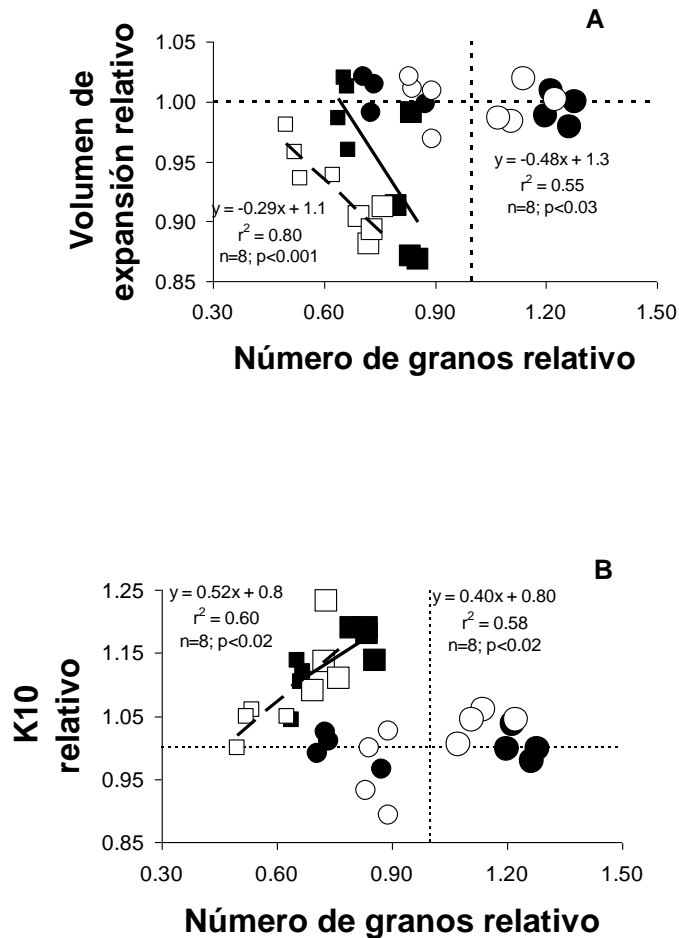


Fig. 1: Valores relativos (respecto al promedio en siembra temprana) de volumen de expansión (A) y K10 (B) en respuesta a la variación en el número de granos por m² relativo (ídem) para dos híbridos de maíz pisingallo (P626: símbolos negros y P802: símbolos blancos) sembrados en dos fechas de siembra (25/Set: círculos y 28/Dic: cuadrados) con dos densidades (6 pl m⁻²: símbolos chicos y 8.8 pl m⁻²: símbolos grandes). Las líneas punteadas representan los valores unitarios de las variables.

CONCLUSIÓN

Las prácticas de manejo (tales como densidad de plantas y fecha siembra) fueron las variables que más impactaron en el rendimiento en grano.

La densidad de plantas y fecha de siembra incidió en el peso de grano en ambos genotipos. En este ensayo, el híbrido P802 se mantuvo estable a cambios en los parámetros de calidad evaluados (índice de expansión y K10) en relación a modificaciones en fecha de siembra. Es conveniente evitar densidades altas en fechas de siembras tardías para evitar mermas importantes en la calidad del grano.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, F.; A. CIRILO; S. UHART y M. OTEGUI, 1996. *Ecofisiología del Cultivo de Maíz*. Editorial La Barrosa. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 289 p.
- ANDRADE F.; C. VEGA; S. UHART; A. CIRILO; M. CANTARERO y O. VALENTINUZ, 1999 Kernel number determination in maize. *Crop Science*, 39: 453-459.
- BALBI, C.; O. VALENTINUZ y J. PRAUSE, 2010. Calidad de maíz colorado flint para industria cervecera en Corrientes, Argentina. *Información Tecnológica, Vol. 21* (3): 141-148. La Serena, Chile.
- BORRÁS, L.; J.A. CURÁ y M.E. OTEGUI, 2002. Maize kernel composition and post-flowering source-sink ratio. *Crop Science*, 42: 781-790.
- DI RIENZO, J.A.; F. CASANOVES; M.G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C.W. ROBLEDO, 2008. *InfoStat, versión 2008*, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- DOFING, S.M.; M.A. THOMAS-COMPTON y J.S. BUCK, 1990. Genotype X popping method interaction for popping volume in popcorn. *Crop Science*, 30: 62-65.
- GÖZÜBENLİ, H. y Ö. KONUŞKAN, 2010. Nitrogen dose and plant density effects on popcorn grain yield. *African J. of Biotech.*, 9 (25): 3828-3832.
- MAIZAR, Asociación de Maíz, Argentina, 2006. El maíz pisingallo en Argentina. <http://www.maizar.org.ar/vertex.php?id=176>. [Fecha de búsqueda: 20/07/2010].
- MEHMET, A.S.; S. GOKMEN; A. YILDIRIM; S. BELEN y N. KANDEMİR, 2005. Effects of cultivar type on yield and quality of popcorn (*Zea mays everta*), New Zealand. *Journal of Crop and Horticultural Science*, 33 (1): 17-23.
- PAJIC, Z., 1990. Popcorn and sweet corn breeding. International Advanced Course Maize Breeding, Production, Processing and Marketing in Mediterranean Countries MAIZE'90. September 17 to October 13, 1990, Belgrade, Yugoslavia.
- PAJIC, Z. y M. BABIC, 1991. Interrelation of popping volume and some agronomic characteristics in pop-corn hybrids. *Genetica*, 2: 137-144.
- RITCHIE S.W. y J.J. HANWAY, 1982. *How a corn plant develops. Special Report 48*. Ames, Iowa: Cooperative Extension Service, Iowa State. University of Science and Technology.
- SEVERINI, A.; A. CIRILO y L. BORRÁS, 2008. Maíz pisingallo: El manejo del cultivo y la calidad comercial. En: 3ra. Jornada de Actualización Técnica de Maíz. AIANBA-EEA Pergamino INTA, 31-34
- SOYLU, S. y A. TEKKANAT, 2007. Interactions amongst kernel properties and expansion volume in various popcorn genotypes. *J. of Food Engin.*, 80: 336-341.

- YILMAZ, S.; M. ERAYMAN; H. GOZUBENLI y E. CAN, 2008. Twin or Narrow-Row Planting Patterns versus Conventional Planting in Forage Maize Production in the Eastern Mediterranean. *Cer. Res. Commun.*, 36: 189-199.
- ZIEGLER, K.E., 2001. Popcorn. En: Pamela J. White and Lawrence A. Johnson (Eds.): *Corn: chemistry and technology*, Chapter 22, 2nd edition, American Association of Cereal Chemist.

Recibido/Received/: 04-Jul-2014
Aceptado/Accepted/: 03-Dic-2014