

COMPONENTES DEL CRECIMIENTO DE GRANO DE CULTIVARES PROLÍFICOS DE MAÍZ

GRAIN GROWTH COMPONENTS OF MAIZE PROLYPHIC CULTIVARS

José Alberto López Santillan^{1*}, César A. Reyes Méndez², Sergio Castro Nava¹ y Florencio Briones Encinia²

¹División de Estudios de Postgrado, Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, Tam. Tel. y Fax 01 (834) 318-1721 Ext. 2124. Correo electrónico: jalopez@uat.edu.mx
²Campo Experimental Río Bravo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 61 Carr. Matamoros-Reynosa, Río Bravo, Tam.

* Autor para correspondencia

RESUMEN

El rendimiento de grano del maíz está determinado por el número de granos formados por mazorca y el peso individual de los mismos, este último definido por el período efectivo de llenado de grano y la tasa de llenado de grano, los cuales guardan relaciones muy estrechas entre sí y con los factores ambientales que inciden sobre el crecimiento y desarrollo de la planta. El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de la densidad de población sobre la acumulación de biomasa en el grano de maíz de cultivares prolíficos. Se evaluaron seis cultivares prolíficos, en Güemez, Tam. en tres densidades de población: 25 000, 50 000 y 75 000 plantas/ha. Se determinó el peso individual del grano y la tasa y período efectivo de llenado del grano para la mazorca principal y la secundaria. Al incrementar la densidad de población de 25 000 a 75 000 plantas/ha se disminuyó el peso individual del grano en 8 y 9 % en la mazorca primaria y secundaria respectivamente, debido a que se redujo el periodo de llenado del grano no existiendo efecto cuando se cambió la densidad de población de 50 000 a 75 000 plantas/ha. El aumento de la densidad de población no afectó la tasa de llenado del grano en la mazorca primaria y secundaria. Entre los cultivares sobresalió el H-437 con el mayor peso individual del grano en la mazorca primaria y en la secundaria con 294.2 y 287.5 g, respectivamente, debido a los mayores valores de la tasa (6.90 y 6.91 mg d⁻¹ respectivamente) y del periodo de llenado del grano (42.4 y 41.6 d, respectivamente); el peso individual del grano y los componentes de crecimiento del grano en la mazorca primaria fueron significativamente mayores ($P > 0.05$) a los de mazorca secundaria.

Palabras clave: *Zea mays* L., prolificación, tasa de llenado del grano, período efectivo de llenado del grano, densidad de población.

SUMMARY

Maize grain yield is determined by grain number per plant and the individual grain weight, the last one is defined by the effective grain filling period and grain filling rate; these have relationships among them and with environmental factors which impact on growth and plant development. The objective of this investigation was to determine the effect of population density on grain biomass accumulation of maize prolyphic cultivars. Six cultivars were evaluated at Güemez Tam. in three population densities: 25 000, 50 000 and 75 000 plants/ha. The individual grain weight, effective grain filling period and grain filling rate were determined in primary and secondary ears. When population density increased from 25 000 to 75 000 plants/ha the individual grain weight decreased in 8 and 9 % in primary and secondary ears, respectively, due to a lower grain filling period. Population density did not have effect on grain filling rate in primary and secondary ears. The H-437 cultivar had the largest individual grain weight in primary and secondary ears at 294.2 and 287.5 g, respectively, due to its highest grain filling period (42.4 and 41.6 d, respectively) and grain filling rate (6.90 y 6.91 mg d⁻¹ respectively); the individual grain weight and grain growth components were significantly highest in the primary ears ($P > 0.05$) that in the secondary ear.

Index words: *Zea mays* L., prolificacy, grain filling rate, effective grain filling period, population density.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento de grano del maíz es producto del número de granos producidos por planta y el peso individual de los mismos (Otegui, 1995; Andrade *et al.*, 1993). Se reconoce que diversos factores ambientales afectan el número de granos producidos (Reed *et al.*, 1988; Cox, 1996), mientras que el peso individual del grano depende del potencial de la planta (Revilla *et al.*, 1999) y de la competencia intraplanta, principalmente representada por el número de mazorcas producidas por la planta y el número de granos en cada una de ellas (Kiniry *et al.*, 1990) y de los factores ambientales que inciden sobre la etapa de llenado del grano (Reed *et al.*, 1988); uno de ellos es la competencia interplanta, la cual es resultado de la densidad de población y determina la disponibilidad de radiación, nutrientes y humedad (Tollenaar, 1992).

El grano de maíz inicia su formación a partir de la fecundación; sin embargo, durante los primeros días después de este evento ocurre una mínima acumulación de biomasa, fase reconocida como fase inicial de lento crecimiento, en ella existe una alta división celular en el endospermo del grano. Posteriormente da inicio una fase de alta acumulación de biomasa a velocidad constante, conocida como período efectivo de llenado del grano; esta velocidad disminuye notablemente hasta llegar a ser nula; a esta fase se le conoce como fase final de lento crecimiento (Daynard

et al., 1971), la cual termina con la aparición de la capa negra en el grano, evento indicativo de madurez fisiológica (Daynard y Duncan, 1969). Así, el peso individual de grano está determinado por la velocidad de acumulación de biomasa o tasa de llenado de grano (Cross y Mostafavi, 1994) y por el periodo en el cual se acumula esta biomasa, o sea el periodo efectivo de llenado de grano (Seka y Cross, 1995), ambas características son reconocidas como los principales componentes del crecimiento de grano.

Cuando la densidad de población del maíz aumenta, la respuesta en rendimiento de grano se puede describir mediante una parábola, con el típico punto máximo óptimo y con una disminución gradual conforme se aumenta la densidad de población, ello es debido a que los fotoasimilados disponibles en la planta son utilizados más en el desarrollo vegetativo o en la respiración de mantenimiento, que en el crecimiento del grano (Tollenaar *et al.*, 1994). Esta reducción principalmente se presenta porque disminuye el número de granos por unidad de área (Tollenaar *et al.*, 1992; Cox, 1996) y en menor medida, por la disminución en el peso de los mismos (Tetio-Kagho y Gardner, 1988). El primer efecto normalmente se da tanto en cultivares prolíficos como en no prolíficos, por una reducción en el número de mazorcas producidas o en el número de granos por planta (Tetio-Kagho y Gardner, 1988), debido a la competencia interplanta, bajo una densidad de población superior a la óptima, llegando en casos extremos a la no formación de granos (Buren *et al.*, 1974; Tollenaar *et al.*, 1992).

El estrés provocado por la excesiva competencia interplanta durante etapas posteriores a la fecundación, provoca reducción en la acumulación de biomasa de los granos en formación, afectando su peso (Tollenaar, 1992); sin embargo, esto no siempre es así, debido a que al disminuir el número de granos por planta, éstos pueden mantener la misma acumulación de biomasa que en densidades bajas (Tetio-Kagho y Gardner, 1988). De acuerdo con lo anterior, se considera que cultivares de maíz que posean precocidad, sincronía floral, proliferación y eficiente producción de grano, presentarán mayor rendimiento de grano por unidad de área bajo altas densidades de población (Buren *et al.*, 1974; Otegui, 1995; Cox, 1996).

El objetivo del presente estudio fue determinar la influencia de la densidad de población sobre la acumulación de biomasa en el grano de cultivares prolíficos de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó bajo condiciones de riego durante el ciclo Otoño-Invierno de 2003 en el Campo Experimental "Ing. Herminio García González" ubicado en el

Municipio de Güemez, Tamaulipas, el cual es propiedad de la Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Se evaluaron seis cultivares de maíz con alta proliferación en el tallo principal; dentro de estos cultivares se incluyen cruza experimentales 2744x2735, 2744x2742 y 363x137, proporcionadas por el Programa de Fitomejoramiento de Maíz del Campo Experimental Río Bravo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; las poblaciones TSC0 y TSC8, mejoradas para condiciones de humedad restringida por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo y el híbrido comercial H-437. El material experimental se sembró de manera manual bajo tres densidades de población (25, 50 y 75 mil plantas/ha). Para su evaluación se usó un diseño experimental de parcelas divididas con tres repeticiones; la parcela grande fue la densidad de población y la parcela chica el cultivar. El tamaño de parcela fue de un surco de 5 m de largo, con una separación entre surcos de 0.8 m.

Se determinó el peso individual de grano (PIG) de la mazorca principal y de la mazorca secundaria, así como la tasa de llenado de grano (TLLG) y el periodo efectivo de llenado de grano (PELLG) en las mazorcas primarias y secundarias. La TLLG para ambas mazorcas se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$TLLG = \frac{PIG_2 - PIG_1}{d} \text{ transcurridos entre los muestreos}$$

donde:

PIG₁ = Peso individual de grano 15 d después de la exposición de estigmas

PIG₂ = Peso individual de grano 25 d después de la exposición de estigmas

El PIG₁ y PIG₂ de la mazorca primaria y secundaria se obtuvo mediante el muestreo de 10 granos tomados del tercio medio de cada mazorca en tres plantas por parcela experimental. El PIG se obtuvo de una muestra de 10 granos en madurez fisiológica, tomados del tercio medio de la mazorca primaria y secundaria de las mismas plantas muestreadas en PIG₁ y PIG₂. El PELLG para ambas mazorcas se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$PELLG = \frac{PIG \text{ a madurez fisiológica}}{TLLG}$$

Se realizaron análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas bajo el diseño experimental establecido. Cuando el análisis mostró significancia estadística se hizo una prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa al 0.05 de probabilidad y para

comparar estas mismas variables entre la mazorca primaria y secundaria se hizo una prueba de *t* de Student.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la densidad de población de 25 mil plantas/ha se observó un promedio de índice de proliferación de los seis cultivares de 40.4 %, el cual disminuyó a 14.5 y 3.71 % en las densidades de población de 50 y 75 mil plantas/ha, respectivamente. Cabe aclarar que aún bajo la densidad más alta los seis cultivares presentaron plantas prolíficas y fue el cultivar TSC0 el de más bajo índice de proliferación con 2.1 % (datos no presentados); resultados similares a los observados por Tetio-Kagho y Gardner (1988).

El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre densidades de población para PIG y PELLG tanto para la mazorca primaria como para la secundaria, pero no para TLLG; sin embargo, para esta variable se observó significancia estadística para la interacción densidad x cultivar en la mazorca secundaria (Cuadro 1). También hubo diferencias estadísticas entre cultivares para todas las variables evaluadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Significancia estadística de los análisis de varianza para el peso individual de grano y los componentes del crecimiento de grano de seis cultivares de maíz en tres densidades de población.

Factor	PIG	TLLG	PELLG
Mazorca primaria			
Densidad	*	ns	*
Cultivar	**	**	**
Densidad x Cultivar	ns	ns	ns
CV (%)	4.8	2.0	5.4
Mazorca secundaria			
Densidad	*	ns	*
Cultivar	**	**	**
Densidad x Cultivar	ns	*	ns
CV (%)	4.8	1.9	5.2

PIG = Peso individual de grano; TLLG = Tasa de llenado de grano; PELLG = Período de llenado de grano; CV = Coeficiente de variación.

*, ** y ns = significativo al 0.05 y 0.01, y no significativo.

El PIG mostró un efecto detrimental al aumentar la densidad de población observándose una disminución de 8 y 9 % cuando la densidad de población se aumentó de 25 a 75 mil plantas/ha para la mazorca primaria y secundaria, respectivamente; este efecto fue debido a una disminución de la duración del PELLG; de 6 % en la mazorca primaria y de 7 % en la secundaria, sin que hubiera efecto significativo sobre el PIG y PELLG cuando se aumentó la densidad de población de 50 a 75 mil plantas/ha (Cuadro 2); por esto y dado que no hubo efectos significativos sobre la TLLG para ambas mazorcas al aumentar la densidad de población se puede considerar que este componente del crecimiento de grano es el menos afectado por la competencia entre plantas; resultados similares fueron encontrados por López *et al.* (2000).

Cuadro 2. Peso individual de grano y componentes del crecimiento de grano de maíz en tres densidades de población.

Densidad (plantas/ha)	PIG (mg)	TLLG (mg d ⁻¹)	PELLG (días)
Mazorca primaria			
25 000	272.4 a	6.57 a	41.4 a
50 000	267.8 a	6.56 a	40.8 a
75 000	251.7 b	6.49 a	38.7 b
Mazorca secundaria			
25 000	265.3 a	6.50 a	40.2 a
50 000	260.2 a	6.57 a	39.6 a
75 000	242.2 b	6.52 a	37.2 b

PIG = Peso individual de grano; TLLG = Tasa de llenado de grano; PELLG = Período de llenado de grano.

Sin embargo, como ya se mencionó, hubo significancia estadística para la interacción densidad x cultivar para la TLLG en la mazorca secundaria (Cuadro 1), pero sólo el cultivar 2744x2735 tuvo una disminución significativa de la TLLG (6 % al aumentar la densidad de población de 25 mil a 75 mil plantas/ha); el resto de los cultivares no tuvieron efectos significativos ante el aumento de la densidad de población (Figura 1), por lo que se puede considerar que los efectos de la competencia entre plantas sobre los componentes del crecimiento de grano dependerán del genotipo (Seka y Cross, 1995) y del nivel de competencia (Tetio-Kagho y Gardner, 1988; Kiniry *et al.*, 1990).

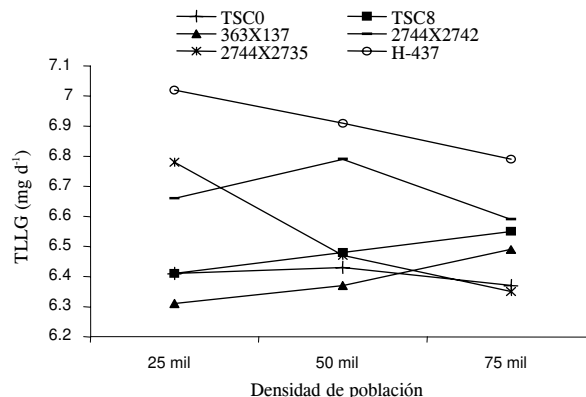


Figura 1. Tasa de llenado de grano (TLLG) de la mazorca secundaria de seis cultivares prolíficos de maíz en tres densidades de población (plantas/ha).

Entre los cultivares sobresalió el híbrido H-437 con el mayor PIG en las dos mazorcas; este comportamiento fue debido a la mayor TLLG y al mayor PELLG en ambas mazorcas (Cuadro 3). El caso contrario lo mostró el cultivar 2744x2742 con el menor PIG, a causa de un PELLG significativamente menor en ambas mazorcas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Peso individual de grano y componentes del crecimiento del grano de seis cultivares prolíficos de maíz.

Cultivar	PIG (mg)	TLLG (mg d ⁻¹)	PELLG (d)
Mazorca primaria			
H-437	294.2 a	6.90 a	42.4 a
TSC8	275.9 b	6.46 cd	43.6 a
TSC0	274.8 b	6.36 d	43.2 a
2744x2735	257.3 c	6.51 c	39.5 b
363x137	247.2 c	6.37 d	38.3 b
2744x2742	234.4 cd	6.66 b	35.2 c
Mazorca secundaria			
H-437	287.5 a	6.91 a	41.6 b
TSC8	268.2 b	6.21 d	43.2 ab
TSC0	267.4 b	6.01 d	44.5 a
2744x2735	247.8 c	6.52 c	38.0 c
363x137	238.4 cd	6.39 d	37.4 c
2744x2742	227.1 d	6.67 b	34.0 d

PIG = Peso individual de grano; TLLG = Tasa de llenado de grano; PELLG = Período de llenado de grano.

Se observó menor PIG ($P > 0.05$) en la mazorca secundaria en comparación con la mazorca primaria; sin embargo, esta diferencia no excedió a 4 % y fue debido a menores valores de TLLG en los cultivares TSC0 y TSC8 y a la menor duración del PELLG para el resto de los cultivares (Cuadro 3), aun cuando existió una menor competencia dentro de la mazorca secundaria como resultado de una disminución de 44.5 % en el número de granos ($P > 0.05$).

CONCLUSIONES

El aumento en la densidad de población redujo significativamente en 8 % y 9 % el peso individual del grano en la mazorca primaria y secundaria, respectivamente, como consecuencia de la reducción del período efectivo de llenado del grano en 2.7 y 3.0 d en la mazorca primaria y secundaria, respectivamente. Fue la tasa de llenado de grano el componente del crecimiento de grano que menos se afectó por la densidad de población.

Entre los cultivares sobresalió el híbrido H-437 con el mayor PIG en las dos mazorcas, este comportamiento fue debido a la mayor tasa de llenado de grano y el mayor período efectivo de llenado de grano en ambas mazorcas.

Se observaron valores del peso individual del grano, tasa del llenado del grano y el período efectivo de llenado del grano significativamente mayores ($P > 0.05$) en la ma-

zorca primaria en comparación con los de la mazorca secundaria, además de un menor número de granos ($P > 0.05$) en esta última.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade F H, S A Uhart M Furgone (1993) Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: shade versus plant density effect. *Crop Sci.* 33:482-485.
- Buren L L, J J Mock, I C Anderson (1974) Morphological and physiological traits in maize associated with tolerance to high plant density. *Crop Sci.* 14:426-429.
- Cox W J (1996) Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. *Agron. J.* 88:489-496.
- Cross H Z, M R Mostafavi (1994) Grain filling of R-nj color selected maize strains divergently selected for kernel weight. *Can. J. Plant Sci.* 64:455-460.
- Daynard T B, W G Duncan (1969) The black layer and grain maturity in corn. *Crop Sci.* 9:473-476.
- Daynard T B, J W Tanner, W G Duncan (1971) Duration of the grain filling period and its relation to grain yielding corn, *Zea mays* L. *Crop Sci.* 11:45-48.
- Kiniry J R, C A Wood, D A Spanel, A J Bockholt (1990) Seed weight response to decreased seed number in maize. *Agron. J.* 54:98-102.
- López S J A, J Ortiz C, M C Mendoza C (2000) Componentes del crecimiento de grano de líneas de maíz de peso contrastante de grano. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:141-152.
- Otegui M E (1995) Prolificacy and grain yield components in modern argentinian maize hybrids. *Maydica* 40:371-376.
- Reed A J, G W Sinletary, J R Schussler, D R Williamson, A L Christy (1988) Shading effects on dry matter and nitrogen partitioning, kernel number and yield of maize. *Crop Sci.* 28:819-825.
- Revilla P, A Butron, R A Malvar, A Ordas (1999) Relationships among kernel weight early vigor, and growth in maize. *Crop Sci.* 39:654-658.
- Seka D, H Z Cross (1995) Xenia and maternal effects on maize agronomic traits at three plants density. *Crop Sci.* 35:86-90.
- Tetio-Kagho F, F P Gardner (1988) Responses for maize to plant population density. II. Reproductive development, yield, and yield adjustments. *Agron. J.* 80:935-940.
- Tollenaar M (1992) Is low plant density a stress in maize? *Maydica* 37:305-311.
- Tollenaar M, L M Dwyer, D W Stewart (1992) Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. *Crop Sci.* 32:432-438.
- Tollenaar M, D E McCullough, L M Dwyer (1994) Physiological basis of genetic improvement of corn. In: Genetic improvement of fields crops. G A Slafer (ed). Marcel Dekker, Inc. N.Y. pp: 183-236.