

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**

INFLUENCIA DE LA INTERACCIÓN DE LA DENSIDAD DE PLANTAS, FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y EL GENOTIPO SOBRE EL RENDIMIENTO Y ABSORCIÓN DE NITRÓGENO EN MAÍCES DE SIEMBRAS DE VERANO

Ogando F. A.^{1,2}; Álvarez, C.²; Raspa, F. A.²; Santillán, Hatala C. A.^{1,2} y Vega C. R. C.²

¹ Becario CONICET

² INTA EEA Manfredí, ruta nacional N°9 km 636, Córdoba.

E-mail ogando.federico@inta.gob.ar

CROP YIELD AND N ABSORPTION IN TWO MAIZE GENOTYPES GROWN UNDER DIFFERENT COMBINATIONS OF PLANT POPULATION AND N FERTILIZATION IN LATE SOWINGS

ABSTRACT

Currently, more than 60% of maize is cultivated in late sowings in Argentina. In the northern-central region of Córdoba, recent studies showed that the yield gap between potential and actual yield is close to 47% in summer maize. Under this context, a better comprehension of management practices like N fertilization (NF), plant density (D), genotype (G) and their interaction is key to close yield gaps. The aim of this work was to assess the effects of D*NF*G interactions on the crop N absorption and yield. Two experiments were carried out under irrigation in La Puerta, Córdoba during 2017-18. Four D (5, 7, 9 and 13 pm⁻²), three levels of NF (0, 88 and 300 kg N ha⁻¹) and two hybrids were studied under a split-plot design. Crop yield varied between 7085 and 12934 kg ha⁻¹, and significant effects of G*NF*D (Exp 1) and NF*G (Exp 2) interactions were found. Crop N absorption varied between 177 and 249 kg N ha⁻¹ within the 0-300 kg N ha⁻¹ fertilization range with significant D*NF*G effects. These results highlight the role of G as a key variable modulating yield response under different NF*D combinations.

Palabras Clave

Maíz tardío, Absorción de nitrógeno, Densidad de plantas.

Keywords

Late sown maize, Nitrogen absorption, Plant density.

INTRODUCCIÓN

Un mejor conocimiento de las tecnologías de procesos para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos es necesario para satisfacer la futura demanda de alimentos de los años venideros. Esto debería ser llevado a cabo visando el objetivo de lograr los máximos rendimientos (R) por unidad de superficie mediante la intensificación de los sistemas agrícolas (Andrade, 2016). En la actualidad, más del 60% de la superficie sembrada de maíz se cultiva en fechas de siembra tardías (PAS, 2015). Aunque es conocido que el atraso de la fecha de siembra disminuye el rendimiento potencial (Cirilo y Andrade, 1994), su práctica está explicada por la aparición de nuevas tecnologías y por la mayor estabilidad interanual explicada por menores probabilidades de ocurrencias de estreses ambientales (Maddonni, 2012). Estudios recientes en la región centro norte de la provincia de Córdoba demuestran brechas entre los rendimientos potenciales y los logrados por los productores del orden del 47% (Aramburu y otros, 2015; Ogando y otros, 2017). Tecnologías de procesos como la fertilización nitrogenada (FN), la densidad

de siembra (D), y la selección del genotipo (G) podrían no estar optimizadas y explicar, por ende, dicha brecha (Gambín y otros, 2016). En su conjunto, dichas prácticas modulan la calidad ambiental a través de su efecto en la disponibilidad de recursos a nivel de planta y de cultivo. En maíz, se conoce que la respuesta a la D es explicada por su efecto en la captura y uso del recurso lumínico y la estabilidad de la partición de biomasa en el periodo crítico a nivel de planta individual (Vega y otros, 2001). Los G modernos difieren en la respuesta a la D (Echarte y otros, 2000; Sarlangue y otros, 2007), aunque la interacción con la FN no está del todo clara, en particular en maíz tardío. Asimismo, la captura de N por planta está determinada por la interacción de prácticas de manejo (Boomsma y otros, 2009; Caviglia y otros, 2014). Este trabajo tiene como objetivos evaluar en maíz sembrado en verano: i) el efecto de la interacción D*FN sobre la absorción de nitrógeno por planta en dos genotipos de maíz contrastantes; ii) el efecto de las interacciones G*FN*D sobre el rendimiento por planta (Rpl) y por unidad de superficie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dos experimentos (E1 y E2) bajo riego y con antecesor garbanzo fueron sembrados el 28/12/2016 en La Puerta, Córdoba (-30.876752, -63.206777). En E1, dos G (DK 7210 y SYN 860 TD/TG) fueron cultivados bajo cuatro D (5, 7, 9 y 13 pm^{-2} , D5, D7, D9 y D13, respectivamente) y dos niveles de FN: i) sin fertilizante (N0) y ii) con 88 kg N ha^{-1} aplicado en dosis dividida (en V6 y V15). En E2, los mismos G sembrados en dos D (D9 y D13) fueron fertilizados con 300 kg N ha^{-1} (en V6 y V15). El diseño experimental en ambos ensayos fue de parcelas sub-sub-divididas con dos repeticiones. La parcela principal correspondió a la FN, y D y G fueron la sub- y sub-sub-parcela, respectivamente. La unidad experimental consistió en cuatro surcos separados a 0.52 m y de 26 m de largo. En madurez fisiológica, se relevó la densidad lograda y se determinaron R y sus componentes número

y peso de granos (PG) a partir de muestreos de dos surcos centrales de 5 ± 2 m de longitud. El número de granos (NGpl) y rendimiento por planta (Rpl) fueron calculados como el cociente entre el valor a nivel de superficie y la D lograda. El contenido de nitrógeno por planta en madurez fisiológica (Npl) fue determinado en muestras de tres plantas y mediante técnicas de micro destilación Kjeldhal (Nelson y Sommers, 1973). Se realizó ANOVA y comparación de medias mediante modelos lineales mixtos, considerándose a FN, D, G e interacciones como efectos fijos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este ensayo, el tratamiento N0 fue diseñado para cuantificar el aporte de N del suelo. A través de todos los tratamientos de D y G, el Nabs en el tratamiento sin FN fue de 177 ± 23.7 kg N ha⁻¹. Sin embargo, existió efecto genotípico, siendo SYN 860 el G que extrajo más N cuando no se agregó fertilizante (191 ± 21.12 vs. 163 ± 18.22 kg N ha⁻¹ en DK 7210).

A través de combinaciones de prácticas de manejo, la variación de Rpl fue principalmente explicada por D (74% de la varianza). Aunque significativa, la interacción D*G (Tabla 1) explicó solamente el 3% de la variabilidad observada.

A pesar de que la variabilidad estuvo explicada en menor medida por el G, se optó por construir modelos de respuesta Rpl-D distintos en cada G ($p < 0.005$; Fig. 1A). La respuesta fue de tipo polinómica de 2do grado ($R^2 = 0.97$) en DK 7210; mientras que fue lineal en SYN 860 ($R^2 = 0.91$). A pesar de diferentes tendencias frente al incremento de la FN (Fig. 1A), el ANOVA no demostró interacciones D*FN. En bajas densidades (D5 y D7), DK 7210 superó a SYN 860 pero las diferencias entre G se atenuaron ante incrementos en la D.

El rendimiento por unidad de superficie (isolíneas en Fig. 1A) presentó interacción triple en E1. Ante incrementos de la FN, SYN 860 presentó respuesta en baja D (5 a 7 pm²), mientras que DK 7210 fue más responsivo en alta D (7 a 13 pm²). En E1, y en el rango de niveles de N agregado (0-88 kg ha⁻¹), DK 7210 fue más estable ante cambios de la D, probablemente debido a una mayor capacidad plástica. Caracteres como un mayor número de flores por espiga en DK 7210 (884 ± 29.6) que en SYN 860 (668 ± 26.5); y un menor ángulo foliar (16.98° ; DK 7210 vs. 31.18° ; SYN 860) podrían explicar en parte las ventajas de DK 7210 ante cambios en la D.

En E2, y solo con nivel de N óptimo (300 kg ha⁻¹), DK 7210 superó a SYN 860. Los R máximos observados en el sistema más intensificado, promedio de D9 y D13 alcanzaron los 12.217 kg ha⁻¹, R cercanos a los potenciales estimados y/o observados para maíz tardío en la zona (Aramburu y otros, 2015; Vega y otros, 2017).

El componente NGP fue solo afectado por D y G*D (Tabla 1). D5 y D7 presentaron 30% más de fijación de granos (519.06 ± 57.2 NGpl) respecto a las altas, siendo DK 7210 el G que siempre exhibió mayor NGP (545 ± 17.23 vs. 493 ± 17.23 en SYN 860). La tasa de pérdida de granos por el incremento de la D fue de 29.4 y 26.6 g p⁻² para DK 7210 y SYN 860, respectivamente; existiendo solo diferencias en la tasa ante cambios en FN para este último G (13.3 g p⁻¹; 0 kg n ha⁻¹). Por su parte, el PG fue afectado por tres de las cuatro interacciones (Tabla 1). En D5 y D7, no se observaron diferencias en PG entre G ni NF; mientras que ante incrementos en la D, SYN 860 tendió a exhibir mayor estabilidad que DK 7210 cuando el N disponible fue extremadamente bajo, probablemente debido a su menor número de granos por unidad de superficie.

Tanto en E1 como E2, Npl y Nabs variaron afectados por la triple interacción FN*D*G (Tabla 1), básicamente debido a distintos patrones de respuesta entre G frente al aumento de la D (Fig. 1B). En promedio a través de toda fuente de variación, el Nabs varió entre 163 (DK 7210) y 190 (SYN 860) kg ha⁻¹. En D intermedias, SYN 860 presentó mayor Npl y respuesta a FN; mientras que DK 7210 solo mostró diferencias para el rango de D9 a D13 estabilizando su absorción en 2 g p⁻¹ para dicho rango de D y N88. En E2, la combinación D9 y FN 300 kg ha⁻¹ presentó los mayores valores de Npl (2.8 ± 0.07 g p⁻¹; media para ambos G). En cuanto a Nabs, solo DK 7210 presentó incremento con la D llegando a absorber 256 ± 25 kg N ha⁻¹.

Existió una fuerte correlación positiva entre el Npl y el Rpl para ambos G. Sin embargo, la eficiencia en términos de R por unidad de Nabs difirió entre G (Datos no mostrados). Aunque SYN 860 tendió a absorber más N, mostró menor eficiencia tanto en baja como alta D cuando no se agregó FN adicional (Figura 1A vs. 1B).

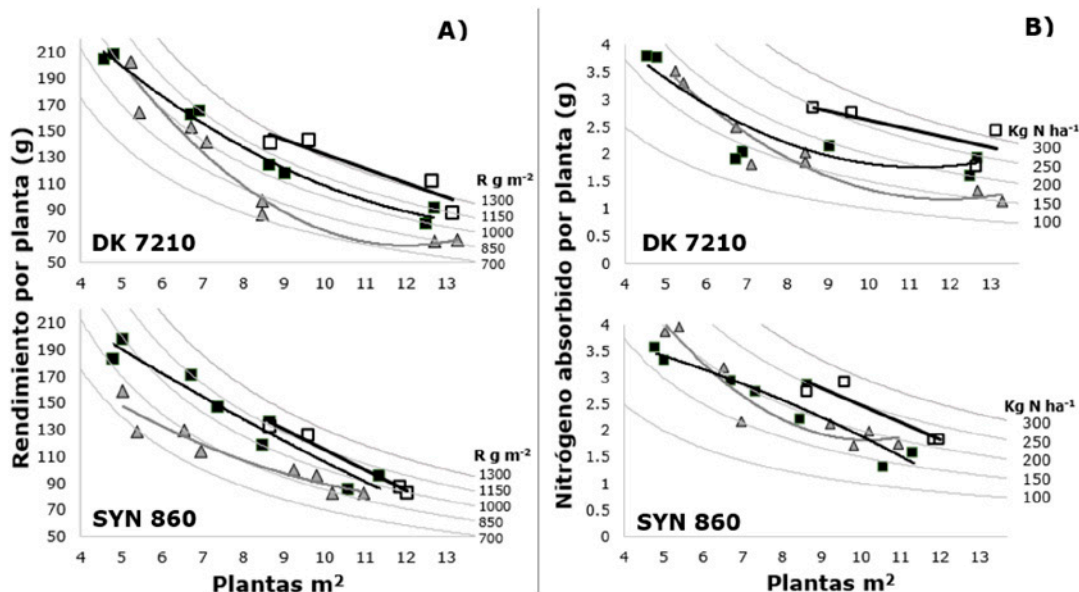


Figura 1. Relaciones entre: **A)** densidad de plantas y rendimiento por planta (g; 14% humedad) para diferentes niveles de rendimiento de cultivo (isolíneas); **B)** densidad de plantas y nitrógeno absorbido por planta (isolíneas indican el N absorbido por cultivo), en dos genotipos de maíz (DK 7210; SYN860) cultivados bajo tres niveles de fertilización nitrogenada: \blacktriangle (0), \blacksquare (88) y \square (300) kg N ha⁻¹.

	Experimento 1						Experimento 2	
	Nabs(kg/ha)	Rpl	R(kg/ha)	PG	N (g/pl)	NGP	Nabs(kg/ha)	R(kg/ha)
G	<0.0001	0.0605	0.0003	<0.0001	ns	ns	0.0005	ns
D	ns	<0.0001	ns	0.0002	0.0001	0.0003	ns	ns
FN	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.0532
G*D	0.0001	0.0054	0.0007	0.0314	0.08	0.004	<0.0001	ns
G*FN	<0.0001	ns	0.0179	<0.0001	0.0663	ns	<0.0001	0.0434
D*FN	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
G*FN*D	0.0007	ns	<0.0001	0.0014	0.044	ns	0.0044	ns

Tabla 1. Análisis de la varianza para dos experimentos: E1) dos genotipos sembrados en cuatro densidades de siembra (5; 7; 9 y 13 pm²) bajo dos niveles de fertilización nitrogenada (0; 88 kg N ha⁻¹); E2) dos genotipos sembrados bajo dos densidades de siembra (9 y 13 pm²) y tres niveles de fertilización nitrogenada (0; 88 y 300 kg N ha⁻¹) con test de Fisher p<0.05.

CONSIDERACIONES FINALES

Una mejor comprensión del efecto de las interacciones entre prácticas de manejo permitiría maximizar el R del maíz sembrado en verano. En este estudio, se encontraron fuertes interacciones triples en cuatro de las seis variables evaluadas, destacándose en particular el rol del G como modulador de dichas respuestas. Tanto la D como el G afectaron la cantidad de N total absorbido, siendo máxima en aquellas situaciones donde el R fue mayor. La respuesta a la D estuvo supeditada al nivel de N disponible. Aunque fuertemente modulado por el G, D y G*D, el Rpl estuvo asociado con el Npl y fue explicado por el componente número de granos en bajas D y por PG en altas. Cuando el N fue escaso, la D que optimizó el R fue baja. Los R máximos (12.217 kg ha⁻¹) fueron observados en el sistema más intensificado (alta D y FN). Sin embargo, en dichos sistemas intensificados, el G tuvo un rol preponderante en la plasticidad de la respuesta a cambios en la D.

Referencias

Andrade, F.H. 2016. *Los desafíos de la agricultura*. International Plant Nutrition Institute (IPNI), Acassuso.

Aramburu Merlos, F., Monzon, J.P., Mercu, J.L., Taboada, M., Andrade, F.H., Hall, A.J., Jobbagy, E., Cassman, K.G., Grassini, P., 2015. *Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps*. Field Crops Research 184, 145-154.

Boomsma, C.R., Santini, J.B., Tollenaar, M., Vyn, T.J., 2009. *Maize Morphophysiological Responses to Intense Crowding and Low Nitrogen Availability: An Analysis and Review*. Agronomy Journal 101, 1426-1452.

Caviglia, O.P., R.J.M. Melchiori and V.O. Sadras. 2014. *Nitrogen utilization efficiency in maize as affected by hybrid and N rate in late-sown crops*. Field Crops Research 168: 27-37.

Cirilo, A.G. and F.H. Andrade. 1994. *Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning*. Crop Science 34: 1039-1043.

Echarte, L., S. Luque, F.H. Andrade, V.O. Sadras, A. Cirilo, M.E. Otegui, et al. 2000. *Response of maize kernel number to plant density in Argentinean hybrids released between 1965 and 1993*. Field Crops Research 68: 1-8.

Gambin, B.L., Coyos, T., Di Mauro, G., Borrás, L., Garibaldi, L.A., 2016. *Exploring genotype, management, and environmental variables influencing grain yield of late-sown maize in central Argentina*. Agricultural Systems 146, 11-19.

Maddonni, G.A. 2012. *Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina-a probabilistic approach*. Theoretical and Applied Climatology 107: 325-345.

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1973. *Determination of total nitrogen in plant material*. Agronomy Journal 65: 109-112.

Ogando, Federico A., Francisco A. Raspa, Marcos Pita, Claudia R.C. Vega. 2017. *Brechas de rendimiento en maíz de verano: análisis de la contribución de cambios en el manejo*. III Workshop Internacional de Ecofisiología de cultivos. Mar del Plata, 28-29/09/2017. En <http://www.ecofisiovegetal.com.ar>

PAS PAS. 2015. URL, <http://www.bolsadecereales.org>

Sarlangue, T., F.H. Andrade, P.A. Calviño and L.C. Purcell. 2007. *Why do maize hybrids respond differently to variations in plant density?* Agronomy Journal 99: 984-991.

Vega, C.R.C., Andrade, F.H., Sadras, V.O., Uhart, S.A., Valentinuz, O.R., 2001. *Seed number as a function of growth. A comparative study in soybean, sunflower, and maize*. Crop Science 41, 748-754.

Vega, C.R.C., Razquin, C.J., Hatala, C.A.S., Ogando, F.A., 2017. *Marco conceptual para la interpretación eco-fisiológica de la respuesta del maíz a la fecha de siembra*. In: Borrás, L., Uhart, S.A. (Eds.), El mismo maíz, un nuevo desafío: Compendio primer congreso de maíz tardío. Dow Agrosiences Argentina, San Isidro.