

NIVELES DE FERTILIZACIÓN Y EFICIENCIA DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ ELOTERO (*Zea mays* L.)

FERTILIZATION LEVELS AND WATER EFFICIENCY IN THE PRODUCTION OF CORNCOB MAIZE (*Zea mays* L.)

Bahena-Delgado, G.¹; Olvera-Salgado, M.D.²; Broa-Rojas, E.³; García-Matías, F.⁴; Jaime-Hernández, M.A.⁴; Torres, S.C.¹

¹Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc. Av. Nicolás Bravo S/N Parque Industrial Cuautla. ²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnahuac Jiutepec Mor. ³Estudiante de doctorado Colegio de Postgraduados Campus Puebla. ⁴Facultad de Ciencias Agropecuarias. Av., Universidad 1001 Cuernavaca Morelos.

*Autor de correspondencia: gbahena20@yahoo.com.mx

RESUMEN

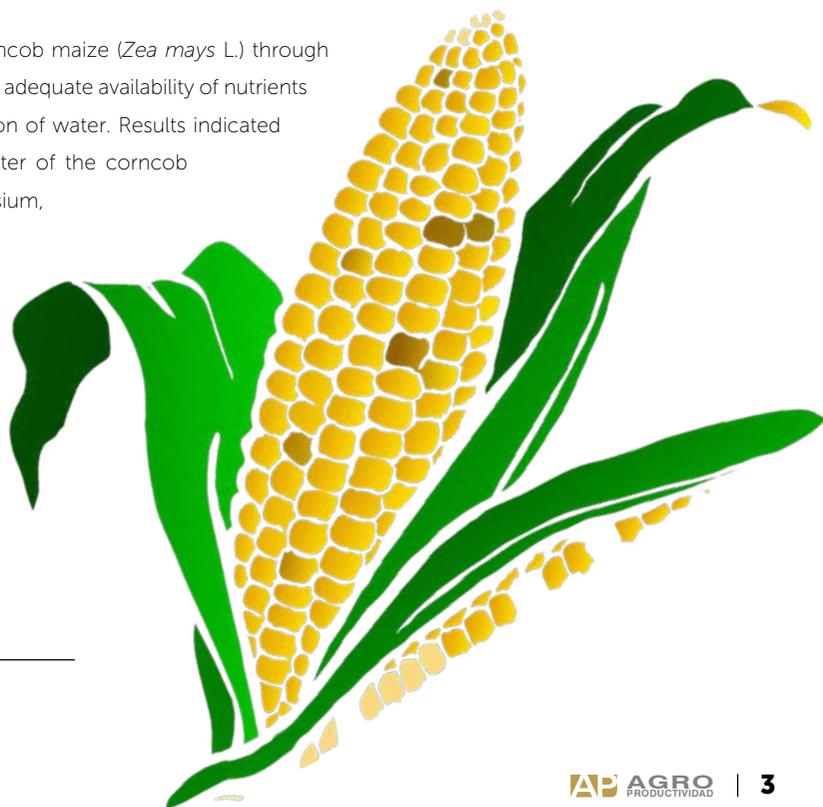
Se realizó la evaluación de cinco niveles de fertilización aplicados en fertirrigación en maíz elotero (*Zea mays* L.), considerando la disponibilidad adecuada de nutrientes en el desarrollo de las plantas, el ahorro y mejor aprovechamiento del agua. Los resultados indicaron que la mejor fórmula de fertilización para altura y diámetro de elote fue 200N-80P-250K de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, mientras que para peso fresco de elote y rendimiento fue 180N-75P-225K. Se encontró que existe un ahorro de agua de hasta un 94.8% con el empleo del riego por goteo. En tanto que el mayor índice de productividad del agua se obtuvo con el tratamiento dos (180N-75P-225P) con 143 kg de elote producidos por cada m³ de agua aplicado.

Palabras clave: fertirrigación, índice de productividad del agua, etapas fenológicas

ABSTRACT

An evaluation of five levels of fertilization applied to corncob maize (*Zea mays* L.) through fertirrigation was performed, taking into consideration the adequate availability of nutrients in the plants' development, savings and better exploitation of water. Results indicated that the best fertilization formula for height and diameter of the corncob was 200N-80P-250K of nitrogen, phosphorus and potassium, respectively, while for fresh weight of corncob and yield, it was 180N-75P-225K. It was found that there is water savings of up to 94.8 % with the use of drip irrigation, while the highest index of water productivity was obtained with treatment two (180N-75P-225P), with 143 kg of corncobs produced for every m³ of water applied.

Keywords: fertirrigation, water productivity index, phenological stages.





INTRODUCCIÓN

El agua es un factor muy importante para las múltiples actividades de los seres humanos, se emplea tanto en la producción de cultivos agrícolas, como en la rama industrial, ganadería, forestal y de servicios domésticos. De las primeras, la agricultura es la que más agua emplea, se estima que el gasto fluctúa entre 70% y 80% del agua dulce disponible, y se estima mundialmente que 70% de toda el agua que se extrae de acuíferos, ríos y lagos está destinada a la agricultura, comparado con 20% por parte de la industria y 10% para usos domésticos (FAO, 2014). La producción de alimentos con menor cantidad de agua empleada es una prioridad para la sociedad de cara al futuro si desea seguir produciendo la suficiente cantidad de alimentos para una creciente población mundial (Tubiello *et al.*, 2007; Nelson *et al.*, 2009; Ortiz, 2012; Cline, 2007). Los principales desafíos para la agricultura en este siglo serán mejorar el acceso a los alimentos, incrementar su oferta, mejorar su distribución y capacidad de recuperación del sistema alimentario, eliminando en forma gradual las extracciones de agua no sostenibles (Foley *et al.*, 2011). La disminución de los niveles de aguas subterráneas y los costos crecientes de energía que demanda su extracción producirán un aumento en los costos de la actividad agropecuaria (Ortiz, 2012). La adaptación de la agricultura al cambio climático debe considerar el aumento en la temperatura, épocas cortas de cultivo, escasez de agua y el impacto que estos factores tienen: a nivel global, a nivel nacional y sobre cada parcela dedicada a la producción agrícola (Rodríguez Vargas, 2007). Aunado a la problemática de la disponibilidad y poca eficiencia en el uso del agua, existen suelos en la región con escasa disponibilidad de nutrientes elementales como nitrógeno, fósforo y potasio, que influyen de manera directa en el rendimiento de los cultivos, a pesar de la importancia que representa para los productores el contar con dosis adecuadas de fertilización, existen pocas investigaciones que muestren una aplicación correcta, máxime que los nuevos sistemas de producción bajo condiciones de riego por goteo requieren de dosis adecuadas de fertilización, ya que las aplicaciones que actualmente se realizan en fertirrigación están en función de las etapas fenológicas de los cultivos y manejo sustentable del agua. En un escenario de escasez de agua y alimentos, es necesario evaluar y adoptar nuevas tecnologías de riego y nutrición vegetal donde el principal indicador para su adopción sea la productividad del agua (PA) expresada como kg de materia seca (MS) por m³ de agua aplicada, kg mm⁻¹ o g por unidad de superficie por mm de agua (g m² mm⁻¹)

(Howell *et al.*, 1998; Marozzi *et al.*, 2005). En los distritos de riego en México este indicador para el periodo de 1994 a 2008 fue menor a 1.6 kg m³ (CONAGUA, 2010). Por lo anterior, la adaptación de la agricultura a los cambios climáticos, a la escasez de agua, la necesidad de producir mayor cantidad de alimentos y el aumento probable de las sequías en el mundo, deben considerar el uso más eficiente del agua en la producción de cultivos y junto con la aplicación adecuada de nutrientes garantizar de alguna forma la disponibilidad de alimentos para la cada vez más creciente población en el mundo. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del maíz elotero (*Zea mays* L.) a cinco dosis de fertilización y determinar la cantidad total de agua y el índice de productividad de la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano 2014 en el campo experimental de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (18° 44' 36.30" N y 98° 54' 31.88" O) a 1294 m de altitud (Google Earth, 2014). El clima que predomina es el cálido subhúmedo con lluvias en verano, las precipitaciones entre 720 y 820 mm. La temperatura media anual va desde los 22 °C a 24 °C, con mínima de 16 °C. El mes más cálido es mayo y el más frío enero. El suelo se clasifica como Vertisol con textura arcillosa, son utilizados para la agricultura tanto de riego como de temporal (INAFED, 2012). La preparación del suelo consistió en un barbecho, rastreo y surcado con tracción mecánica. Se surco a una distancia de un metro, donde se colocaron las líneas secundarias de tubería de PVC, se perforo el tubo con broca de 5/8, se colocaron empaques, conectores iniciales, tubo ciego, conectores rápidos, la cintilla y se procedió a probar el sistema para revisar fugas. Posteriormente, se procedió a colocar estacas al final del surco y colocar tapones finales para después amarrarlos y evitar que se movieran las cintillas. Se sembraron dos semillas por mata del híbrido HA7573 en el lugar donde se encontraba el gotero, a una distancia de 30 cm entre plantas, dando una densidad de 66,666 p ha⁻¹. Para controlar malezas presentes antes de la siembra, se aplicó Glifosato a razón de 2.5 L de i.a. ha⁻¹ y para las malezas que pudieran ocasionar un problema posterior al cultivo se aplicó Gesaprim calibre 90 en preemergencia a razón de 2.5 kg de i.a. ha⁻¹ Posteriormente se realizó la aplicación del herbicida Laudis 1 L de i. a. ha⁻¹ para el control de malezas en forma postemergente. La aplicación de agua se realizó mediante el sistema de riego por goteo. El diseño del calendario de

riegos se determinó en base al cálculo de la lámina de riego, con la siguiente fórmula (Chávez, 2010):

$$Lr=(CC-PMP)*Da*Prof.$$

Dónde: Lr =Lamina de riego, cm. CC =Humedad a capacidad de campo (%). PMP =Humedad a punto de marchitez permanente (%). Da =Densidad aparente del suelo (g/cm^3). $Prof.$ =Profundidad radicular (cm).

La capacidad de campo se determinó mediante el Método Chapingo, el valor de la densidad aparente se obtuvo al realizar el método del petróleo (Valle, 1992), mientras que el valor del punto de marchitez permanente se obtuvo dividiendo el valor de la capacidad de campo entre 1.85. Con la finalidad de conocer el volumen de agua a aplicar en el primer riego y alcanzar el 100% de humedad aprovechable, se utilizó la siguiente fórmula:

$$V=L*A*Lr$$

Dónde: V =volumen de agua a aplicar (m^3); L =Longitud del bulbo de humedad en surco (cm); A =Ancho del bulbo de humedad en surco (cm); Lr =Lamina de riego.

Las fórmulas generales de los fertilizantes evaluados fueron: 200N-80P-250P, 180N-75P-225K, 160N-70P-200K, 140N-60P-175K y 120N-50P-150K como tratamientos 1 a 5 respectivamente, aplicándose el fertilizante al momento de regar y de acuerdo con las etapas fenológicas del cultivo: inicial (15N-30P-15K), desarrollo (18N-06P-18K), crecimiento (25N-10P-10K) y producción (13N-06P-40K). Para el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) se aplicó Lorsban® a razón de 1 L ha^{-1} . La unidad experimental fue de 20 m^2 con cuatro surcos de cinco metros de largo por un metro de ancho. Las variables respuesta fueron: altura de elote en planta (cm), diámetro de elote (mm), peso fresco de elote (g), rendimiento de elote ($kg\ ha^{-1}$), número de riegos, cantidad de agua aplicada (m^3) e índice de productividad del agua. Para determinar la altura del elote se empleó un estadal y se midió desde la base del tallo hasta el elote principal. Para determinar el diámetro de elote se utilizó vernier electrónico y se midió la parte central del elote. Peso fresco de elote (sin brácteas) al pesar los elotes en una balanza digital. El rendimiento se obtuvo al determinar el peso de los elotes (con brácteas) de la parcela útil y extrapolar

los resultados a una hectárea. Para determinar la cantidad total de agua empleada en el ciclo del cultivo se colocaron recipientes al inicio, parte media y al final del surco, se cuantificaron los números totales de riegos y se multiplicó la cantidad de agua empleada en cada riego y se expresó en metros cúbicos. Para obtener el índice de productividad del agua se dividió el rendimiento obtenido en toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$) entre la cantidad de agua empleada en el cultivo (m^3). Los datos se analizaron bajo un modelo de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Se hizo análisis de varianza, comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) y ($\alpha=0.01$), con el paquete estadístico Statistical Analysis System versión 9.1 (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra los valores de los niveles de significancia obtenidos en el análisis de varianza, identificando diferencias altamente significativas ($P\leq 0.01$) para las variables altura de elote (AE), diámetro de elote (DE), peso fresco de elote (PFE) y rendimiento de elote (RE). Lo anterior, indica el efecto que los niveles de fertilización y la aplicación de agua tuvieron sobre algunas variables de respuesta.

La Figura 1, muestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados para la variable altura de elote. El mejor tratamiento se logró con la fórmula de fertilización 200-80-250 (T1) la cual presentó una media de 89.14 cm, reduciéndose la altura en los tratamientos dos, tres, cuatro y cinco en un 2.36%, 10.64%, 13.09% y 20.89% respectivamente. Los valores obtenidos en cuanto a la altura de elote concuerdan con los encontrados

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza en maíz elotero A7573 (*Zea mays* L.) primavera-verano 2014.

FV	GL	AE cm	DE mm	PFE g	RE kg
Modelo	8	153.09**	7.07**	1275.60**	5309591.21**
Repetición	4	23.06 NS	6.39**	1217.72**	4261337.8**
Tratamiento	4	283.11**	7.74**	1333.48**	6557844.7**
Error	16	31.20	0.66	123.85	443373.7
CV (%)		6.91	1.84	5.18	4.62

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; AE=Altura de Elote; DE=Diámetro de Elote; PFE=Peso Fresco de Elote; NS=No significativo; * Significativo a 5%; **=Significativo a 1%.

por Bahena *et al.* (2008) quienes reportaron datos de 82.92 cm en una evaluación del HA7573 efectuada en riego por goteo y fertirrigación; en tanto que Martínez *et al.* (2006) registró que el elote alcanzó una altura de 100 cm en el híbrido A7573 mediante labranza de conservación. La altura del elote es de enorme

importancia ya que para maíces eloteros una de las características que más buscan los productores es la menor altura del elote en planta, ya que representa una cualidad fenotípica deseada y se encuentra relacionada esta variable con la altura de la planta representando menores pérdidas para el productor debido a que existe poco acame y de esta forma se evitan problemas de pudrición del elote, ataque de plagas como roedores, pájaros y se obtienen elotes con mayor calidad que requieren los diferentes consumidores. Además, de que al presentar altura homogénea facilita el corte de los elotes y representa menor pérdida de tiempo para los cortadores al no doblar la planta para su cosecha y pueda tener un mejor valor en la venta de las plantas como forraje. Estos resultados, también pudieron deberse a que el Híbrido A7573 está adaptado adecuadamente a las condiciones edafoclimáticas que prevalecen en la región de estudio y la buena respuesta a las aplicaciones de agua y nutrientes.

Con relación a diámetro de elote, la Figura 2, indica diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos evaluados ($P \leq 0.01$). El mayor diámetro de elotes se alcanzó con la fórmula 200-80-250 (T1) el cual presentó una media de 45.75 mm superando en un 2.5%, 3.3%, 5.5% y 6.6% a los tratamientos 1, 3, 4 y 5 respectivamente. Lo anterior se sugiere como efecto del potasio por ser un elemento de gran importancia para obtener buenos rendimientos en los cultivos, ya que interviene en la regulación hídrica de la planta, acumulación-

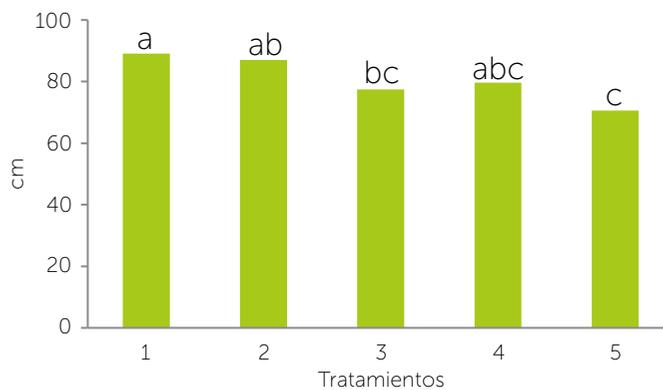


Figura 1. Efecto de niveles de fertilización y cantidad de agua sobre altura de elote en maíz (*Zea mays L.*) híbrido A7573.

translocación de los nuevos carbohidratos formados, producción de proteínas, raíces y tallos fuertes, así como el tamaño y calidad de los granos, luego entonces, al aplicar mayores niveles de potasio con cantidades adecuadas de agua, existe una mayor disponibilidad de este nutriente para la planta de maíz cultivado en fertirrigación, ya que se utiliza una aplicación continua de este elemento durante el crecimiento de las plantas y se encuentra disponible en el momento de la formación y desarrollo del grano, favoreciendo una adecuada respuesta en cuanto al diámetro de elotes. Estos valores coinciden con lo reportado por Torres *et al.* (2013) quienes encontraron diámetros de entre 4.7 y 5.6 cm en elotes criollos sometidos a diferentes dosis de fertilización. Mientras que Bahena *et al.* (2008), reportaron diámetros de elote del híbrido A7573 de 5.93 cm bajo condiciones de fertirrigación, en tanto que Sánchez *et al.* (2013) reportaron valores de 4.1 a 5.5 cm en el híbrido A7573 en condiciones de riego.

Peso fresco de elote (PFE)

Los resultados obtenidos del análisis de varianza para la variable peso fresco de elote, sin brácteas (Figura 3), con diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). El mayor peso en promedio de diez elotes se obtuvo en el tratamiento 2 con 232.96 g, superando en un 3.96% al tratamiento 1, por 5.79% al tratamiento 3, en un 11.79% al tratamiento 4 y 17.85% al tratamiento 5. Estos resultados se deben probablemente a que el potasio es un elemento

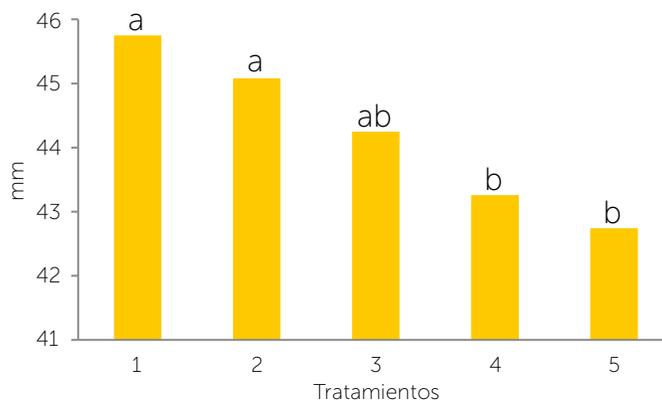


Figura 2. Efecto de los niveles de fertilización y cantidad de agua sobre diámetro de elote (*Zea mays L.*) híbrido A7573.

que favorece la fotosíntesis de las plantas, diversos estudios señalan que el maíz requiere de hasta 270 kg ha⁻¹ de potasio para obtener rendimientos de hasta 10 t de grano. Además, el potasio reduce el número de plantas estériles por hectárea y aumenta el número de mazorcas por planta, número de granos por

mazorca y el peso de los granos. El potasio junto con niveles adecuados de Nitrógeno y Fósforo influye significativamente en la polinización, formación de granos y en mayor peso de los elotes alcanzando una mejor calidad y precio en el mercado. Además, el potasio activa más de 60 sistemas enzimáticos, promueve la síntesis, translocación y almacenamiento de carbohidratos y optimiza la regulación hídrica en los tejidos vegetales, igualmente interviene en la promoción del crecimiento radicular, resistencia a la sequía, a las heladas, además, existe una excelente interacción entre el potasio y el nitrógeno lo que eleva de manera significativa los rendimientos en los cereales (IPI, 2010).

Con relación a rendimiento de elote, la Figura 4 muestra diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). El mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento 2 con 15.55 t ha^{-1} superando en un 33% al promedio nacional que es de 11.71 t ha^{-1} y un 34.39% al promedio estatal de 11.57 t ha^{-1} (SIAP-SAGARPA, 2013). Estos resultados coinciden con los reportados en trabajos efectuados en forma experimental por el INIFAP (2001) quienes reportaron 16 t ha^{-1} de elote en un solo corte o cosecha. Mientras que Fernández *et al.* (2014) obtuvieron rendimientos de hasta 19 t ha^{-1} en el estado de Chiapas, México, con el híbrido A7573. Estos rendimientos se deben a que es el híbrido elotero que se ha adaptado adecuadamente a las condiciones de suelo y medio ambiente de la región. Es el de mayor preferencia por los productores debido a características de tamaño, color, sabor, peso, número de granos, tamaño de grano y mayor número de hileras además de su precocidad, lo que hace que este elote presente una gran demanda por los consumidores.

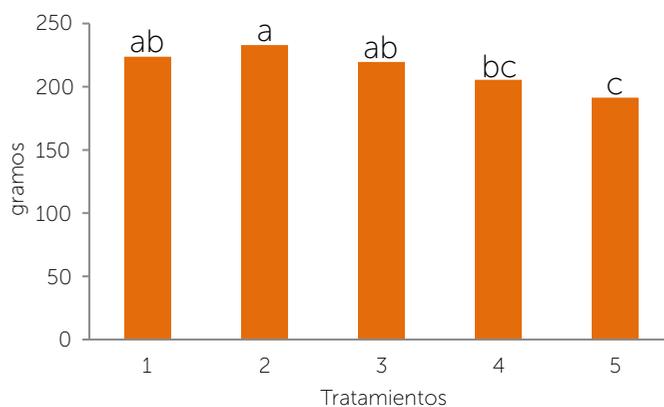


Figura 3. Efecto de los niveles de fertilización y cantidad de agua sobre peso fresco de elote (*Zea mays* L.) híbrido HA7573.

por goteo existe un ahorro significativo de agua en la producción, ya que al ser aplicada de acuerdo con las etapas fenológicas del cultivo, solo se emplea la necesaria para sustituir la evapotranspiración generada durante el día y es aplicada directamente a las raíces de la planta, existe poca competencia con malezas al reducir el área de mojado, se aprovechan mejor los nutrientes, se reduce la salinidad y por lo tanto se aumenta la calidad y rendimiento de los cultivos. Por otro lado, el riego por goteo permite la aplicación más precisa de los nutrientes, reduce el costo de fertilizantes y contaminación. El sistema de riego por goteo evita que se tenga una elevada evaporación del agua del suelo ya que se aplica en pequeños caudales pero en forma constante, además incrementa los rendimientos de los cultivos y reduce el tiempo de cosecha ya que al combinarse con épocas de alta intensidad lumínica favorece la fotosíntesis. Estos resultados coinciden con los reportados por la FAO (2002) en un trabajo realizado en Cabo Verde donde el nuevo sistema de riego por goteo incrementó la producción de hortalizas y ahorró de agua, permitiendo la expansión de la superficie bajo riego y de la intensidad de cultivo.

Por su parte, González *et al.*, (2010) aplicaron $266,8 \text{ m}^3$ en un cultivo de maíz sembrado en suelos rojos en Cuba.

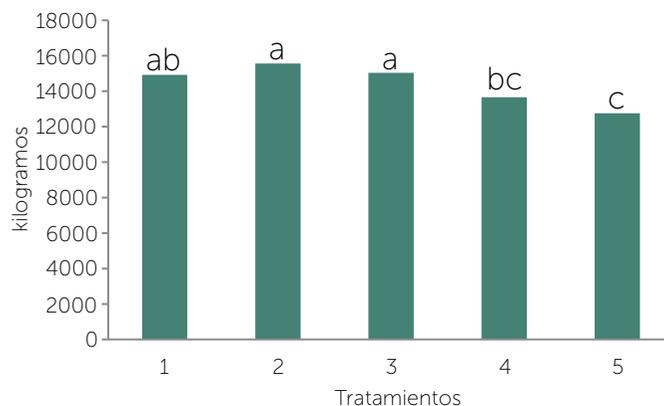


Figura 4. Resultados obtenidos en rendimiento de elote (*Zea mays* L.) híbrido HA7573 por tratamiento.

Cantidad total de agua utilizada

La cantidad total de agua aplicada para producir elotes distribuida en 50 riegos desde el momento de la siembra hasta el momento de la cosecha, fueron 108.76 m^3 , en una parcela de 500 m^2 , equivalente a $2,175.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Estos resultados indican que en el sistema de riego

Índice de productividad del agua

En cuanto al índice de productividad del agua existieron diferencias entre la eficiencia del agua aplicada de acuerdo con los tratamientos

evaluados, y el mayor índice de productividad del agua se obtuvo en el tratamiento 2 (180-75-225) con 143 kg de elotes producidos por cada m^3 de agua utilizado, seguido del tratamiento 3 (160-70-200) con 138.2 kg de elotes por cada m^3 de agua aplicado, mientras que en el tratamiento 1 (200-80-250) se obtuvo un índice de productividad del agua de 137.1 kg de elotes producidos, el tratamiento 4 (140-60-175) con 125.6 kg de elotes y finalmente en tratamiento 5 (120-50-150) con 117 kg de elotes por cada m^3 de agua utilizado. Lo anterior demuestra que con la combinación del riego por goteo y aplicación de nutrientes en la época adecuada de crecimiento de las plantas se puede ahorrar agua y se incrementan los rendimientos por cada litro de agua empleado. Resultados similares fueron reportados por Zarco *et al.* (2005) quienes al mantener la humedad aprovechable por medio del riego por goteo en 60% incrementaron el rendimiento, en contraste con las plantas sometidas a sequía y que en maíz para grano se obtuvo una productividad de agua de 16.43 kg m^{-3} con 266.8 m^3 de agua empleada. Sin embargo, deben considerarse las diferentes condiciones climáticas y el manejo del riego. Puesto que, por cada metro cúbico de agua total aplicada, el maíz produce como promedio 1.93 kg, mientras que, en muchos países de África los rendimientos han sido inferiores a las 2.0 t ha^{-1} y baja productividad de 1 kg m^{-3} (Liu *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

El uso de dosis adecuadas de fertilizantes aplicados al sistema de fertirrigación de acuerdo con las etapas fenológicas del cultivo de maíz HA7573 se obtiene un mayor rendimiento y buena calidad de elote.

Con el empleo del sistema de riego por goteo se ahorra agua en un rango de entre 70% y 90% en la producción de elote. En cuanto al índice de productividad del agua obtenido en este estudio muestra que es posible aumentar la cantidad de kilogramos de elote por cada metro cúbico de agua empleado generando beneficios económicos y ambientales al productor.

LITERATURA CITADA

- Bahena D.G., Vázquez S.J.M., Domínguez Q.M., Jaime H.M.A., Venado C.R., Vázquez D.M.R. 2008. Evaluación de genotipos de maíz elotero (*Zea mays* L) en México. Agricultura Revista Agropecuaria, 903, 46-51.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2010. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2008-2009. Edición 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (ed). México, D. F. 323 p.
- Contijoch E.M. 2001. Perspectivas de la Irrigación Hacia el 2025. Memorias del 6° Simposium Internacional de Fertirrigación. Morelia, Michoacán, México.
- Cline W.R. 2007. Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country. Washington D.C.: Center for Global Development y Peterson Institute for International Economics.
- Foley J.A.N., Ramankutty K.A., Brauman E.S., Cassidy J.S., Gerber M., Johnston N., Mueller D. 2011. Solutions for a cultivated planet. Nature 478: 337-42.
- Fernández G.I., Jaramillo V.J.L., Hernández G.J.A., Cadena I.P. 2014. Evaluación agronómica y sensorial de ocho genotipos de maíz (*Zea mays* L.) para la producción de elote. Rev. Agroproductividad. Vol. 7. No. 6. pp. 47-51.
- González R.F. Herrera P.J., López S.T. 2010. Productividad del agua en maíz, soya y sorgo en suelo Ferralítico Rojo del sur de La Habana. Rev Cie Téc Agr [online]. vol.19, n.1 Howell, T. A., A. J. Tolk., A. D. Schneider, and R. S. Evett. 1998. Evapotranspiration, yield, and water use efficiency of corn hybrids differing in maturity. Agron. J. 90: 3-9.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2001. El cultivo de maíz para elote en la zona media de San Luis Potosí. Folleto para productores No. 26.
- International Potash Institute (IPI). 2010. El rol del Potasio en la Producción Agrícola. Basel, Switzerland.
- LIU J., Zehnder A.J.B., YANG H. 2008. Drops for crops: modelling crop water productivity on a global scale, Global NEST Journal, 10(3): 295-300.
- Martínez G. M.A., Jasso C.C., Hernández A.J.A. 2006. Producción de maíz elotero con un enfoque de agricultura de conservación en la zona media de San Luis Potosí. INIFAP-CIRNE. Campo experimental San Luis. Folleto para productores No. 42. INIFAP, San Luis Potosí, México. 21 p.
- Morozzi D.G., Debortoli G.D., Méndez M., Currie H. 2005. Determinación de algunos indicadores de rendimiento en el cultivo de maíz bajo dos sistemas de riego. In: Memoria Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. República Argentina.
- Nelson G.C., Rosegrant M.W., Koo J., Robertson R., Sulser T., Zhu T., Lee, D. 2009. Cambio climático: el impacto en la agricultura y los costos de adaptación. IFPRI.
- Ortiz R. 2012. El cambio climático y la producción agrícola. Banco Interamericano de Desarrollo. Unidad de Salvaguardias Ambientales (VPS/ESG). Notas técnicas. ESG-TN-383.
- FAO. 2002. Agua y cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.
- FAO. 2014. Reutilizando el agua para alimentar al mundo. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Vitacura Santiago de Chile.
- Ortiz R. 2012. El cambio climático y la producción agrícola. Banco Interamericano de Desarrollo. Nota Técnica, 383, 35.
- Rodríguez V.A. 2007. Cambio climático, agua y agricultura. ComunICA 1 (II Etapa): 13-23.
- Sánchez H.M.A., Aguilar M.C.U., Valenzuela J.N., Joaquín T.B.M., Sánchez H.C. 2013. Rendimiento en forraje de maíces del trópico húmedo de México en respuesta a densidades de siembra. Revista Mexicana Ciencias Pecuarias, 3, 271-288.
- SIAP. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2013. Anuario estadístico de la producción agrícola. México, D. F.
- Torres O.E., López P.A., Muñoz G.A., Guerrero R.J. de D., Sánchez L.H., Gaytán T.O. R., Guzmán H.J.A., Valadez R.M. 2013. Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. Revista Chapingo serie horticultura, 2, 225-238.
- Tubiello F.N., Soussana J.F., Howden S.M. 2007. Crop and pasture response to climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences 104: 19686-90.
- Zarco P.E., González V.A., H, López P.M.C., Salinas M. 2005. Marcadores fisiológicos de la tolerancia a sequía en maíz (*Zea mays* L.) Agrociencia 39:517-528.