

SUSTENTABILIDAD DEL AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍCES CRIOLLOS EN XALOSTOC, MORELOS, MÉXICO

WATER SUSTAINABILITY IN CREOLE CORN PRODUCTION IN XALOSTOC, MORELOS, MÉXICO

Gregorio Bahena-Delgado¹, Elizabeth Broa-Rojas¹, Jesus M. Vazquez-Sánchez², Manuel Morales-Soto², Ignacio Delgado-Escobar³, Manuel de J. Sainz-Aispuro³

¹UAEM-Campus Oriente. (gbahena20@yahoo.com.mx) (broarojaselizabeth@yahoo.com.mx) ²UAEM-Campus Oriente. (canodon@hotmail.com) (mmor2000@hotmail.com) ³UAEM-FCA (nachock@hotmail.com) (mjsainz63@yahoo.es)

RESUMEN

Se estableció un trabajo de investigación en el campo experimental de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Campus Oriente, en el que se evaluó el comportamiento de veinticuatro genotipos de maíces criollos y una variedad testigo, cultivados en un sistema de riego por goteo y con la técnica de fertirrigación. El diseño experimental fue bloques completos al azar con dos repeticiones. Las parcelas estuvieron compuestas por dos surcos de 6 m de longitud. La distancia entre surcos fue de 1 m y de 0.3 m entre plantas sobre la hilera. Se cosecharon 10 mazorcas al azar cuando tenían 14% de humedad. Se midió el agua aplicada en cada riego. Los rendimientos más altos ($p \leq 0.01$) correspondieron al Blanco Jonacatepec Morelos (BJM1) (3 405 kg ha⁻¹), Blanco Coacalco Puebla (BCP1) (3 116 kg ha⁻¹) y a la variedad 537 con (2 918 kg ha⁻¹). Se usaron 3 002 m³ ha⁻¹ de agua. Se obtuvo una buena eficiencia en la productividad del agua. El riego por goteo con la fertirrigación, mejoró la productividad de los maíces criollos, se ahorra agua y se aumenta la eficiencia en su uso.

Palabras clave: Fertirriego, floración, maíces criollos, riego por goteo, productividad del agua, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El agua es un insumo de enorme importancia en las actividades del ser humano. Se emplea en la industria, en usos domésticos y principalmente en la producción de alimentos en donde se destina la mayor cantidad de agua dulce disponible. Esto implica que para satisfacer las necesidades de una creciente demanda de alimentos deberán realizarse mejoras sustanciales en la infraestructura de riego. Es necesaria la concientización de los usuarios para su mejor manejo y el uso de tecnologías modernas en su aplicación, que mejoren la eficiencia y aumenten la productividad por unidad de superficie, sobre todo en las zonas donde el agua es cara y muy escasa.

Diversas estadísticas indican que más de 60% del agua dulce se destina al riego de cultivos y es extraída

ABSTRACT

A research was carried out in the experimental field of the Universidad Autónoma del Estado de Morelos, East Campus, where the behavior of twenty four Creole corn genotypes and one witness variety, cultivated in a drip irrigation system with fertirrigation technique, was evaluated. The experimental design was random complete blocks with two replications. The plots were made up of two rows, 6 m long. The distance between rows was 1 m and 0.3 m between plants on the line. Ten cobs were harvested randomly when they had 14% humidity. Water applied in each watering was measured. The highest yields ($p \leq 0.01$) were found in Blanco Jonacatepec Morelos (BJM1) (3 405 kg ha⁻¹), Blanco Coacalco Puebla (BCP1) (3 116 kg ha⁻¹) and variety 537 (2 918 kg ha⁻¹). The amount of water used was 3 002 m³ ha⁻¹. Good efficiency was obtained in water productivity. Drip irrigation with fertirrigation improved productivity of Creole corns, water is saved, and its use efficiency increases.

Key words: Fertirrigation, flowering, creole corn, drip irrigation, water productivity, yield.

INTRODUCTION

Water is an input of great importance for human activities. It is utilized in industry, domestic uses, and primarily in food production, for which the greatest amount of fresh water available is destined. This implies that in order to satisfy the needs of a growing demand for food, substantial improvements will have to be made in irrigation infrastructure. Awareness of users for its better management and the use of modern technologies in its application, to improve efficiency and increase productivity per surface unit, especially in the areas where water is expensive and very scarce, is necessary.

Various statistics indicate that more than 60% of fresh water is destined to crop irrigation and is extracted from the underground, and more than half does not return to the ecosystem because it is lost through plant

del subsuelo, y más de la mitad no regresa al ecosistema debido a que se pierde por transpiración de las plantas; por evaporación en el suelo o por pérdidas en su conducción (IMTA, 2008). La FAO (2002) estima que la disponibilidad de agua dulce es ya una situación crítica en varios países y regiones, y es muy probable que este problema se intensifique. La agricultura absorbe entre 70 y 77% del consumo mundial; 10% se destina para uso doméstico y 21% a usos industriales teniendo además las pérdidas por sistemas de riego poco eficientes.

Así, en muchas regiones del mundo las cosechas se obtienen sólo por la presencia de las lluvias que en ocasiones son insuficientes. Por ello la aplicación del agua mediante el riego es muy importante para mejorar la productividad de los cultivos. La disminución en la disponibilidad de agua apta para la agricultura, resulta de un exceso de agua empleada en cada riego, con una consecuente sobreexplotación de los mantos acuíferos, dando, como resultado, una agricultura poco sostenible.

En este contexto el riego debe convertirse en una fuente importante para la producción de alimentos y no en un factor de contaminación y erosión del suelo, del agua y del medio ambiente.

Bajo esta perspectiva el agua debe ser un factor que contribuya, junto con las semillas criollas, o nativas a mantener la base de la alimentación de las familias rurales y contribuir a la reducción de la pobreza; para ello es necesaria la difusión de tecnología que conlleve a la implementación y adopción de sistemas de riego más eficientes como el riego por goteo, el cual permite un ahorro significativo de agua, mayor uniformidad en su aplicación, y evita la erosión de los suelos, disminuye la presencia de malezas, plagas y enfermedades. Cuando se combina con la aplicación de nutrientes mejora de manera significativa los rendimientos y la calidad de las cosechas, aumentando así la productividad del agua.

Por ello es necesario impulsar nuevas tecnologías que ayuden a conservar los recursos naturales como el suelo, el agua y el medio ambiente, que eviten la degradación de los agroecosistemas y además permitan aumentar los rendimientos y la calidad de las cosechas por unidad de superficie en función de la evaluación de nuevos materiales que se adapten a las condiciones específicas del lugar donde se pretenden desarrollar (Díaz, 2007).

Bejarano (2000) menciona que el sector agropecuario produce bajo un sistema tradicional, sin cuidar el medio ambiente y con escasa rentabilidad económica, lo que se refleja en el declive agropecuario, en la alta contaminación de los cuerpos de agua y el ambiente por pesticidas y agroquímicos altamente tóxicos, por el desperdicio de los recursos naturales, así como por

transpiración, evaporación on the ground or through losses in its transport (IMTA, 2008). FAO (2002), estimates that fresh water availability is already a critical situation in several countries and regions, and it is very likely that this problem will worsen. Agriculture absorbs between 70 and 77% of the global consumption; 10% is destined to domestic use and 21% to industrial ones, and there are also losses because of inefficient irrigation systems.

Thus, in many regions of the world, harvests are obtained only because of the presence of rain which is often insufficient. Therefore, water application through irrigation is very important to improve crop productivity. The decrease in availability of water that is apt for agriculture is the result of the excess of water employed in each watering, with the corresponding overexploitation of water tables, having as a result an unsustainable agriculture.

In this context, irrigation should become an important source for food production and not a factor in the contamination and erosion of soils, water and the environment.

From this perspective, water should be a factor that contributes, together with Creole or native seeds, to maintain the basis of rural families' diet and to contribute to the reduction of poverty; for this, diffusion of technologies that could lead to the implementation and adoption of more efficient irrigation systems is necessary, such as drip irrigation which allows significant water savings, greater uniformity in its application, and also avoids soil erosion, decreases the presence of weeds, plagues and illnesses. When it is combined with the application of nutrients, it significantly improves the yield and quality of the harvests, thus increasing water productivity.

Therefore, it is necessary to foster new technologies that help to conserve natural resources such as soil, water and the environment, which prevent degradation of agro-ecosystems and in addition allow increasing the yield and the quality of crops per surface unit, in terms of the evaluation of new materials that adapt to the specific conditions of the place where there is the intention of cultivating them (Díaz, 2007).

Bejarano (2000) mentions that the agricultural/livestock sector produces under a traditional system, without taking care of the environment and with scarce economic profitability, which is reflected in the decline of the agricultural/livestock activity, in the high contamination of water bodies and the environment with pesticides and highly toxic agrichemicals, in the waste of natural resources, as well as in the irrational use of the soil and water resources that limit development conditions.

This research work considered the cultivation of Creole corns managed under a system of drip irrigation

el uso irracional de los recursos suelo y agua que limitan las condiciones del desarrollo.

El presente trabajo de investigación consideró el cultivo de maíces criollos manejados bajo un sistema de riego por goteo y la aplicación de nutrientes a través de la fertirrigación con la finalidad de conservar los recursos naturales como semillas y agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo invierno-primavera 2008 24 genotipos de maíces criollos (14 del estado de Morelos 10 de otros estados) y un testigo (Cuadro 1) en un sistema de riego por goteo, empleando la técnica de fertirrigación.

Ubicación del experimento

El trabajo de investigación se realizó dentro del campo experimental del Campus Oriente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, ubicado en la localidad de Xalostoc, municipio de Villa de Ayala Morelos (Figura 1).

Preparación del terreno y siembra

Se surcó a una distancia de 1 m antes de realizar la siembra se instaló la tubería secundaria y se colocaron

and the application of nutrients through fertirrigation, with the goal of conserving natural resources such as seeds and water.

MATERIALS AND METHODS

During the winter-spring cycle, 2008, 24 genotypes of Creole corn (14 from the state of Morelos 10 of the other states) and one witness (Table 1), were sown under a drip irrigation system using the fertirrigation technique.

Location of the experiment

The research work was carried out within the experimental field of the East Campus of the Universidad Autónoma del Estado de Morelos, located in Xalostoc, Villa de Ayala municipality, Morelos (Figure 1).

Field preparation and sowing

Furrowing was done at a distance of 1 m, secondary piping was installed before planting and the irrigation lines were placed with the drip facing upwards to avoid salt accumulation.

Sowing was carried out with 30 cm between plants, placing two seeds per plant in the place where the drip was located, at a density of 66 666 plants ha⁻¹. Two trays of different materials were used to replace the plants that were missing in the field, in order to have 100% of the plants established.

Cuadro 1. Poblaciones criollas evaluadas.
Table 1. Creole populations evaluated.

Num.	Genotipos	Clave
1	Blanco Tepochica Guerrero	BTG1
2	Blanco Salitre Morelos	BSM1
3	Blanco Ixcateopan Guerrero	BIG1
4	Blanco Coacalco Puebla	BCP1
5	Blanco Ixtlilco Morelos	BIM1
6	Blanco Nuncintla Puebla	BNP1
7	Blanco Jonacatepec Morelos	BJM1
8	Blanco Vicente Juárez Morelos	BVM1
9	Blanco Chinameca Morelos	BCM1
10	Negro Nueva Senda Guerrero	NSG1
11	Negro Coacalco Puebla	NCP1
12	Negro Niños Héroes Morelos	NNM1
13	Negro Iguala Guerrero	NIG1
14	Negro Salitre Morelos	NSM1
15	Negro Palo Blanco Morelos	NPM1
16	Negro Jonacatepec Morelos	NJM1
17	Negro Jonacatepec Morelos	NJM2
18	Negro Jonacatepec Morelos	NJM3
19	Rojo Nueva Senda Guerrero	RSG1
20	Rojo Acatlán Jalisco	RAJ1
21	Rojo Salitre Morelos	RSM1
22	Rojo Niños Héroes Morelos	RNM1
23	Rojo Coacalco Puebla	RCP1
24	Rojo Palo Blanco Morelos	RPM1
25	Testigo	V537C



Figura 1. Ubicación del campo experimental de la UAEM, Xalostoc, Morelos.

Figure 1. Location of the experimental field of the UAEM, Xalostoc, Morelos.

las cintas de riego con el gotero hacia arriba para evitar la acumulación de sales.

La siembra se realizó cada 30 cm entre plantas, depositando dos semillas por mata en el lugar en donde se encontraba el gotero, a una densidad de 66 666 plantas ha⁻¹. Se usaron dos charolas de todos los materiales para reponer las plantas que hicieran falta en campo con la finalidad de tener 100% de plantas establecidas.

Diseño experimental

Los materiales se distribuyeron en el campo en un diseño de bloques completos al azar con veinticinco tratamientos y dos repeticiones Cochran (1980). La parcela útil tuvo dos surcos de cada material, con una distancia de 1 m entre surcos de 6 m de longitud, para una unidad experimental de 12 m².

Riegos

Se hizo por goteo, de acuerdo con las necesidades de las plantas. Para ello se determinó la cantidad de agua suministrada en cada riego en función de la evapotranspiración del cultivo (*Eto*), calculada mediante la fórmula de Allen *et al.* (1998), utilizando los datos meteorológicos de la estación climatológica del municipio de Cuautla, Morelos. Para conocer la cantidad de agua durante el ciclo de cultivo se colocaron recipientes al inicio del surco, a un cuarto de él, a la mitad y al final del mismo, midiendo la cantidad de agua con un vaso de precipitado en cada riego. Con estos datos se obtuvo la cantidad total de agua empleada en el cultivo y el índice de productividad de la misma.

Fertilización

La dosis de fertilización fue: 140-110-160 N-P-K, en función del desarrollo fenológico del cultivo. El fertilizante fue de tipo soluble; se aplicó en el sistema de riego disolviéndolo previamente. La forma de aplicación fue: agua, fertilizante y agua para mantener limpios los goteros.

Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma química aplicando un herbicida preemergente (Gesaprim calibre 90) a razón de 1.5 kg ha⁻¹ de ingrediente activo, aplicado en banda sobre la hilera del cultivo. También se realizó un control manual de las malezas que estuvieron presentes y una escarda al cultivo para darle soporte a las plantas.

Experimental design

The materials were distributed in the field in a complete random blocks design with twenty five treatments and two replications (Cochran, 1980). The useful plot had two rows of each material, with a distance of 1 m between 6 m long rows, for an experimental unit of 12 m².

Irrigation

It was done through dripping, based on the plant needs. For this, the amount of water supplied was determined in each watering in function of the crop's evapotranspiration (*Eto*), calculated with the Allen *et al.* (1998) formula, using meteorological data from the climate station in Cuautla, Morelos. In order to know the amount of water used during the cultivation cycle, containers were placed at the beginning of the row, after one fourth, at half, and at the end of it, measuring the amount of water with a precipitation glass in each watering. With these data, the total amount of water used in the crop and its productivity index were obtained.

Fertilization

The fertilization dosage was: 140-110-160 N-P-K, in function of the phenologic development of the crop. The fertilizer was soluble; it was applied in the irrigation system after dissolving it previously. The way of application was: water, fertilizer and water to maintain the drips clean.

Weed control

Weed control was carried out chemically by applying a pre-emerging herbicide (Gesaprim, caliber 90), at a rate of 1.5 kg ha⁻¹ active ingredient, applied as a band over the crop line. Manual control of weeds that were present was also done, and a spud on the crop to give the plants support.

Pest control

Although borer worm (*Spodoptera frugiperda*) was found, applying insecticides was not considered, and the problem was controlled biologically.

Variables evaluated

Days until male flowering, days until female flowering, grain yield, total amount of water applied and water productivity index (yield over total amount of

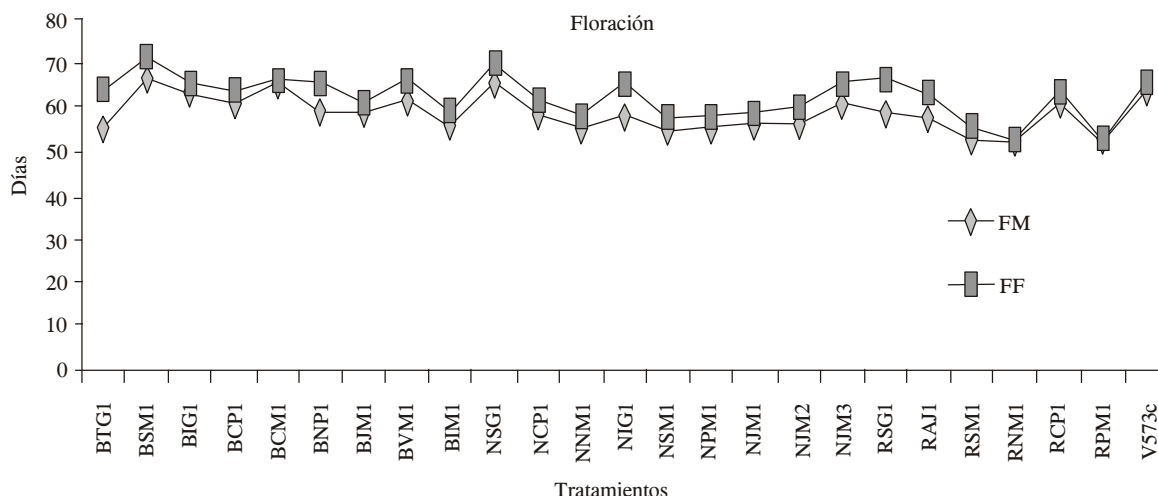


Figura 2. Floración masculina y femenina en maíces criollos.
Figure 2. Male and female flowering in creole corns.

Control de plagas

Aunque se presentó gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) no se consideró la aplicación de insecticidas, controlándose biológicamente este problema.

Variables evaluadas

Días a floración masculina, días a floración femenina, rendimiento de grano, cantidad total de agua aplicada e índice de productividad del agua (rendimiento entre cantidad total de agua). Para su análisis se utilizó el programa SPSS, empleando la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.01.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Días a floración masculina y femenina

Los resultados obtenidos muestran que, con el empleo del sistema de riego por goteo y la técnica de fertirrigación, los días de floración masculina variaron entre 66.5 y 52 mientras que la floración femenina varió entre 71 y 53 días. Lo anterior indica que los criollos con estas características son materiales que pueden llegar a presentar mejor resistencia a la sequía, un llenado completo de las mazorcas y un mejor rendimiento de grano y que pueden ser seleccionados por los productores para su incremento y conservación. En cambio, los que mostraron diferencias entre los días a floración masculina con la femenina tuvieron un menor llenado de grano en la mazorca, lo que se tradujo en rendimientos menores (Figura 2). Resultados similares fueron reportados por Gómez y Baldovinos (2006) quienes encontraron que los maíces criollos tuvieron

water). For their analysis, the SPSS program was used, applying the Tukey test with a significance level of 0.01.

RESULTS AND DISCUSSION

Days to male and female flowering

The results obtained show that, using the drip irrigation system and the fertirrigation technique, days to male flowering varied from 66.5 to 52, while female flowering varied from 71 to 53 days. This indicates that creoles with these characteristics are materials that could present better resistance to drought, a complete filling of the cobs and better grain yield, and that they could be selected by the producers for their increase and conservation. Instead, those that showed differences between days to male flowering and female flowering had less grain filling on the cob, which translated into lower yields (Figure 2). Similar results were reported by Gómez and Baldovinos (2006), who found that Creole corns had an average difference of 3.7 days in the interval between male and female flowering, presenting lower grain yield. Meanwhile, Salazar (1996) reported that Creole corns presented male flowering that varied between 64.2 and 56.7 and female flowering between 65.5 and 58 days, and Carrillo *et al.* (2006) found that Creole corns presented a variation between 87 and 66 days for male flowering, while female flowering varied between 91 and 69 days.

Grain yield

The ANOVA for grain yield showed significant differences between genotype; based on the Tukey test ($p \leq 0.01$), the best yields were obtained with Blanco

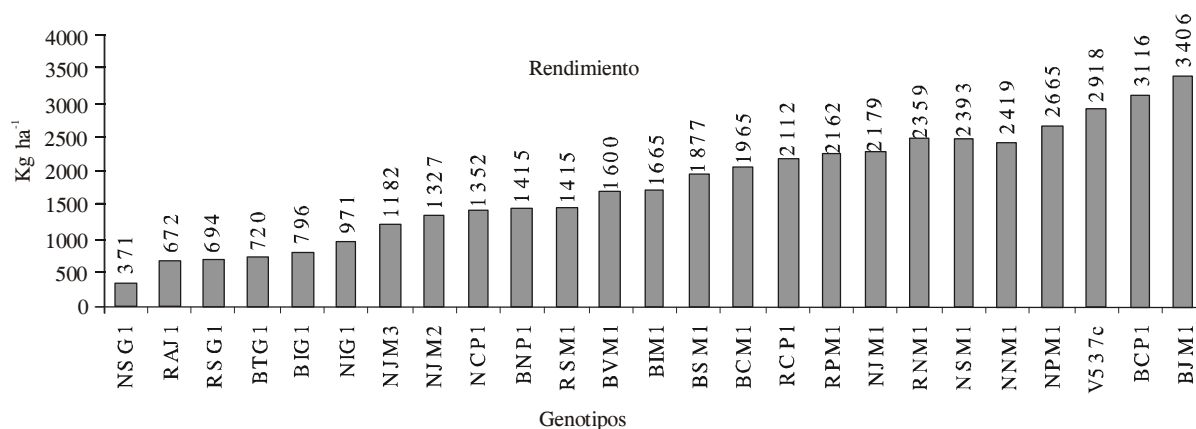


Figura 3. Rendimiento en grano de los maíces criollos.
Figure 3. Grain yield in creole corns.

en promedio una diferencia de 3.7 días de intervalo entre la floración masculina y femenina teniendo menor rendimiento de grano. En tanto que Salazar (1996) reportó que los maíces criollos presentaron una floración masculina que varió entre 64.2 y 56.7 y la floración femenina entre 65.5 y 58 días; mientras que Carrillo *et al.* (2006) encontraron que los maíces criollos presentaron una variación entre 87 y 66 días para la floración masculina, mientras que la floración femenina varió entre 91 y 69 días.

Rendimiento de grano

El análisis de varianza para rendimiento de grano mostró diferencias significativas entre genotipos con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.01$) los mejores rendimientos se obtuvieron con los criollos Blanco de Jonacatepec Morelos (3406), Blanco de Coacalco Puebla (3116) y la Variedad 537c (2918) kg ha⁻¹. Sin embargo, existen materiales criollos que presentaron rendimientos aceptables, como el Negro de Palo Blanco Morelos (2665), Negro de la Niños Héroes Morelos (2419), Negro del Salitre Morelos (2393), Rojo de la Niños Héroes Morelos (2359), Negro de Jonacatepec Morelos (2179), Rojo de Palo Blanco Morelos (2162) y Rojo Coacalco Puebla (2112) kg ha⁻¹, mientras que los rendimientos más bajos correspondieron a los genotipos Negro Nueva Senda Guerrero (371), Rojo Acatlán Jalisco (672), Rojo Nueva Senda Guerrero (694), Blanco Tepochica Guerrero (720), Blanco Iguala Guerrero (796), Negro Iguala Guerrero (971) y Negro Nueva Senda Guerrero (372) kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 3). Los bajos rendimientos se atribuyen a la influencia que tiene el medio agroecológico en el rendimiento de las plantas, ya que son materiales que provienen de climas y suelos de características distintas al

Jonacatepec Morelos (3406), Blanco Coacalco Puebla (3116) Creoles, and Variety 537c (2918) kg ha⁻¹. However, there are creole materials that presented acceptable yields, such as Negro from Palo Blanco Morelos (2665), Negro from Niños Héroes Morelos (2419), Negro from Salitre Morelos (2393), Rojo from Niños Héroes Morelos (2359), Negro from Jonacatepec Morelos (2179), Rojo from Palo Blanco Morelos (2162) and Rojo from Coacalco Puebla (2112) kg ha⁻¹, while the lowest yields corresponded to the genotypes Negro Nueva Senda Guerrero (371), Rojo Acatlán Jalisco (672), Rojo Nueva Senda Guerrero (694), Blanco Tepochica Guerrero (720), Blanco Iguala Guerrero (796), Negro Iguala Guerrero (971) and Negro Nueva Senda Guerrero (372) kg ha⁻¹, respectively (Figure 3). The low yields are attributed to the influence that the agro-ecological environment has on plant yield, since they are materials that come from climates and soils of characteristics that are different to the place where they were evaluated. This indicates that there are creole materials that can manifest a high yield potential when sufficient quantities of water and nutrients are provided, according to their phenologic stage, and of are adapted to the agro-ecological conditions of the place where they are cultivated. These results coincide with those reported by Ortiz *et al.* (1981), who obtained yields under irrigation conditions that vary from 397 kg to 2 310 kg ha⁻¹ in creole materials.

Total amount of water

Results show that a total of 3 002 m³ ha⁻¹ were used and 57 watering events took place in total, two and a half hours long in average (Table 2), which indicates that with the drip irrigation system and the fertirrigation technique, there are significant water savings in crop

Cuadro 2. Número de riegos y cantidad de agua empleada en la producción de maíces criollos.**Table 2. Number of watering events and amount of water employed in the production of Creole corns.**

Total de riegos por ha	Cantidad de agua aplicada en 735 m ²	Agua total (m ³)
57	221	3002

lugar donde fueron evaluados. Lo anterior indica que existen materiales criollos que pueden manifestar un alto potencial de rendimiento cuando se les proporcionan cantidades suficientes de agua y nutrientes de acuerdo con su etapa fenológica, y si están adaptados a las condiciones agroecológicas donde se cultivan. Estos resultados coinciden con los reportados por Ortiz *et al.* (1981), quienes obtuvieron rendimientos en condiciones de riego van desde 397 kg hasta 2 310 kg ha⁻¹ en materiales criollos.

Cantidad total de agua

Los resultados muestran que se utilizaron en total 3 002 m³ ha⁻¹ y se dieron 57 riegos en total con dos horas y media en promedio (Cuadro 2), lo que indica que con el sistema de riego por goteo y la técnica de fertirrigación se tiene un ahorro significativo de agua en la producción de las cosechas ya que el agua es colocada de manera directa a la raíz de la planta gota a gota solo en las cantidades que requiere la planta en función de su desarrollo, mantiene el suelo a capacidad de campo evitando que el agua se desperdicie en capas profundas del suelo y que exista una elevada evapotranspiración. Este sistema es una excelente opción para hacer una aplicación más eficiente de un recurso tan escaso e importante como el agua. Resultados similares fueron reportados por Bahena y Tornero (2007), quienes al evaluar los gastos de agua en un cultivo de maíz cultivado en riego por goteo, obtuvieron un gasto de 761 m³ ha⁻¹. Howell *et al.* (2008b) en un trabajo realizado en maíz para forraje, aplicaron una cantidad total de agua de 418 mm ha⁻¹ en 2006, y de 671 mm por ha⁻¹ en 2007. Tal como lo establece Ramírez (2000), el sector agrícola es el mayor consumidor del agua dulce en el mundo, y emplea hasta 65% de ella en la producción de alimentos debido a que no se cuenta con sistemas de riego eficientes, por lo que es indispensable la utilización de sistemas eficientes para la aplicación del agua.

Índice de productividad del agua

Los resultados obtenidos en la producción de maíces criollos muestran que en el criollo Blanco Jonacatepec se utilizaron 881 m³ (1.1 kg m⁻³) de agua por

production since water is placed directly on the plant root, drop by drop, only in the amounts that the plant requires based on its development, it maintains soil at field capacity preventing water waste at deep layers of the ground, and for a high evapotranspiration to exist. This system is an excellent option for a more efficient application of a resource as scarce and important as water. Similar results were reported by Bahena and Tornero (2007), who when evaluating the water expenditure in corn cultivation with drip irrigation, obtained an expenditure of 761 m³ ha⁻¹. Howell *et al.* (2008b), in a study carried out with fodder corn, applied a total water amount of 418 mm ha⁻¹ in 2006, and 671 mm ha⁻¹ in 2007. As Ramírez (2000) states, the agricultural sector is the largest fresh water consumer in the world, and it uses up to 65% of it in food production because there is a lack of efficient irrigation systems, which is why it is indispensable to use efficient systems for water application.

Water productivity index

Results obtained in the production of Creole corns show that in the Blanco Jonacatepec Creole, 881 m³ (1.1 kg m⁻³) of water were used for each ton of grain produced, in Blanco Coacalco Puebla, 971 m³ (1.0 kg m⁻³) were used per each ton of grain obtained, and in V537c, 1 029 m³ (0.97 kg m⁻³) were used (Figure 4); this indicates that when the drip irrigation system is used, an excellent water productivity is attained, since each drop of water applied is used directly by plants, with a greater efficiency that is reflected in greater development and yield.

Similar results were reported by Howell *et al.* (2008b), who in corn obtained 3.63 kg m⁻³ of water in 2006 and 3.64 kg m⁻³ of water in 2007. Regarding this, Keller (2005) considers that there is a strong correlation between corn yield and the plant's evapotranspiration, and that water productivity is better maximized in small areas than in large ones, with the same volume of water consumed. Howell *et al.* (1997a) obtained a high water productivity index at 1.2 to 1.5 kg m⁻³ of water applied in corn cultivation.

CONCLUSIONS

Creole corns presented a high correlation between female and male flowering under the drip irrigation and fertirrigation system.

With the application of drip irrigation and fertirrigation, genotypes were obtained that presented good grain yields in Blanco Jonacatepec Morelos (BJM1), Blanco Coacalco Puebla (BCP1) and variety QPM 537.

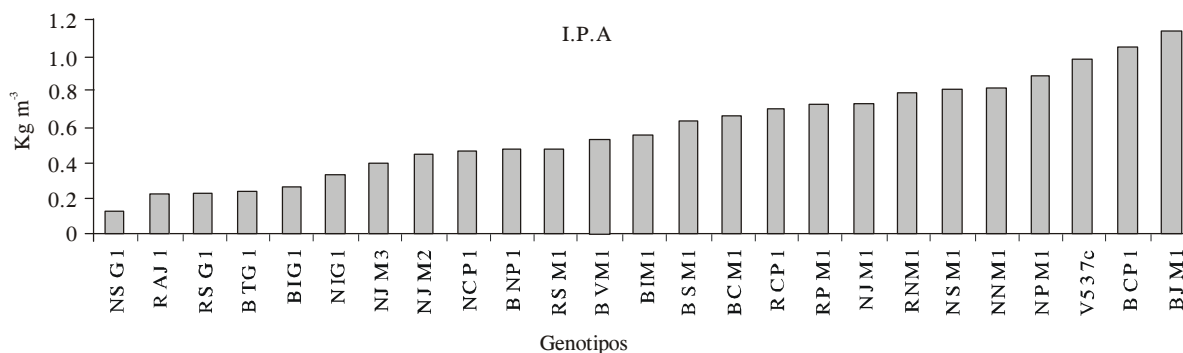


Figura 4. Índice de productividad del agua en la producción de maíces criollos.
Figure 4. Water productivity index in the production of creole corns.

cada tonelada de grano producido, en el Blanco Coacalco Puebla se emplearon 971 m³ (1.0 kg m⁻³) por cada tonelada de grano obtenido y en V537c se emplearon 1 029 m³ (0.97 kg m⁻³), (Figura 4), lo que indica que cuando se emplea el sistema de riego por goteo se alcanza una excelente productividad del agua, ya que cada gota de agua que se aplica es empleada de manera directa por las plantas existiendo una mayor eficiencia reflejándose en un mayor desarrollo y rendimiento.

Resultados similares fueron reportados por Howell *et al.* (2008b), quienes en maíz obtuvieron 3.63 kg m⁻³ de agua en 2006 y de 3.64 kg m⁻³ de agua en 2007. Al respecto Keller (2005) considera que existe una fuerte correlación entre el rendimiento de maíz y la evapotranspiración de las plantas, y que la productividad del agua se maximiza mejor en áreas pequeñas que en las grandes con el mismo volumen de agua consumida. Howell *et al.* (1997a) obtuvieron un alto índice de productividad del agua 1.2 a 1.5 kg m⁻³ de agua aplicada en el cultivo de maíz.

CONCLUSIONES

Los maíces criollos presentaron una alta correlación entre floración femenina y masculina bajo el sistema de riego por goteo y fertirrigación.

Con la aplicación del riego por goteo y fertirrigación se obtuvieron genotipos que presentaron buenos rendimientos en grano Blanco Jonacatepec Morelos (BJM1), Blanco Coacalco Puebla (BCP1) y la variedad QPM 537.

El sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación es una opción viable para la conservación del recurso agua, ya que permite un ahorro significativo en la producción de las cosechas.

El sistema de riego por goteo permitió obtener una alta eficiencia en la productividad del agua con relación al rendimiento de grano.

The drip irrigation system with the fertirrigation technique is a viable option for conservation of the water resource, since it allows significant savings in crop production.

The drip irrigation system allowed obtaining a high efficiency in water productivity in relation to grain yield.

- End of the English version -

LITERATURA CITADA

- Allen Richard, G., Luís S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith. 1998. Crop evapotranspiration, guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization. Roma. Italia.
- Bahena Delgado, Gregorio, y Mario Alberto Tornero, Campante. 2007. La tecnología de microirrigación, una alternativa para el manejo sustentable del agua en la producción de maíz en el estado de Morelos, México. Agricultura. Núm. 809, enero 2007.
- Bejarano, José Antonio. 2000. Desarrollo Sostenible, un enfoque económico con una extensión al Sector Agropecuario de Agricultura y Desarrollo Rural. *In: Economía Institucional*, vol. 2, Núm. 3, Colombia.
- Carrillo Alvarin, Isidro Teodoro, José Martín Ron Parra, José Guadalupe López, José de Jesús Sánchez González, Lino De la Cruz Larios Morales, y Moisés Martín Rivera. 2006. Evaluación de maíces criollos (*Zea mays* L) del occidente de México en Zapopan, Jalisco. En: memorias XVII Semana de la Investigación Científica. CUCBA. México.
- Cochran, W. G. 1980. Técnicas de muestreo, México, Edit. CECSA.
- Díaz, C. 2007. Evaluación de la Biomasa aérea foliar y rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. a diferentes sistemas de riego con diferentes poblaciones en un suelo franco arenoso, durante la época de sequía. Tesis. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002. Agua: fuente de seguridad alimentaria. *In: www.fao.org/countryProfiles*. Consulta 10 de marzo 2009.

- Gómez, Espinosa, José Antonio, y Baldovinos, de la Peña Gabriel. 2006. Saberes Tradicionales y maíz criollo. *In*: Inventio Núm. 4. México 2006.
- Howell, Terry A., A. D. Schneider, and S. R. Evett. 1997a. Subsurface and surface microirrigation of corn Southern High Plains. *Trans. ASAE*. Vol.40. Núm. 3, USA.
- Howell, Terry, Steve Evett, Judy Tolk, Karen Copeland Colaizzi, y Paul Gowda Prassana. 2008b. Evapotraspiration of corn and forage sorghum for silage. *In*: Walter resources. USA.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del agua). 2008. Enciclopedia del agua. *In*: www.imta.gob.mx/index.php?...52%3Aenciclopedia-del-agua. Consulta 2 de marzo 2009.
- Keller, Andrew. 2005. Evapotranspiration and crop water productivity: making sense of the yield-ET relation ship. Impacts of global climate change. American Society of Civil engineers. USA.
- Ortiz, A. J. C., O. A. Muñoz, J. R. Aguirre R., y N. G. González. 1981. Evaluación de maíces criollos bajo el sistema de riego en cañadas aledañas a San Luís Potosí, S. L. P. Tesis. Universidad Autónoma de San Luís Potosí.
- Ramírez Rodríguez, Roberto. 2000. Problemática global del agua. *In*: www.solociencia.com/ecologia/problematika-global-agua-autor.htm. Consulta 5 de junio de 2009.
- Salazar, Pedro. 1996. Evaluación de maíces criollos (*Zea mays* L) sembrados en los llanos occidentales del país. *In*: Memoria. Tercer jornada científica nacional del maíz. Araure, Venezuela.