

## Rendimiento y calidad de semilla de ‘mijo Perla’ con uso de micorrizas *Glomus intraradices* y fertilizantes químicos

María Guadalupe López-Ortega<sup>1</sup>

Mauricio Velázquez- Martínez<sup>2</sup>

Filogonio Jesús Hernández-Guzmán<sup>3§</sup>

Miguel Ángel Mata-Espinosa<sup>1</sup>

Adelaido Rafael Rojas-García<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo-Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Carretera Gómez Palacio-Ciudad Juárez km 40, Bermejillo, Durango, México. Tel. 01 (872) 7760160. (lupitauach@gmail.com; mamata@chapingo.urruza.edu.mx). <sup>2</sup>Carretera San Luis Potosí-Matehuala km 14.5, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. Tel. 01 (444) 8524303 (velazquez.martinez@inifap.gob.mx). <sup>3</sup>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Domicilio conocido s/n, Tepatepec, Francisco I. Madero, Hidalgo. Tel. 01 (738) 7241174. CP. 42660. <sup>4</sup>Universidad Autónoma de Guerrero-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia núm. 2, Cuajinicuilapa, Guerrero, México. CP. 41940. (rogarcia.05@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: fjhernandez@upfim.edu.mx.

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de las micorrizas, fertilización química y su combinación en área foliar, composición morfológica, producción y calidad de semilla de mijo perla (*Pennisetum glaucum* Br.). La evaluación se realizó en primavera-verano 2013 en el Campo Experimental San Luis del INIFAP, se utilizaron micorrizas INIFAP y Azo-Fer, así como 120-60-00 y combinación de micorrizas con 60-30-00 y un testigo (sin ningún fertilizante). Las variables evaluadas fueron altura de planta, índice de área foliar, composición morfológica, producción de semilla, peso de mil semillas, peso hectolítrico, pureza, contenido de humedad, número de semillas por kg y eficiencia en el uso de agua. Se usó un diseño experimental completamente al azar (Tukey, 0.05). No se observaron diferencias ( $p > 0.05$ ) en índice de altura de planta, área foliar, pureza, humedad, peso hectolítrico y peso de mil semillas. La producción de semilla fue similar ( $p > 0.05$ , kg ha<sup>-1</sup>) con uso de biofertilizantes y fertilizantes (micorriza INIFAP=2 221; micorriza INIFAP + 60-30-00= 1 811, micorriza Azo-Fer = 1 783; micorriza Azo-Fer + 60-30-00 = 1 754) y nutrición mineral (2 685); sin embargo, diferentes al testigo ( $p \leq 0.05$ ; 1 631). En composición morfológica tanto en anthesis como estado lechoso-masoso, no hubo diferencia en biomasa de tallos entre las fuentes de nutrición ( $p \leq 0.05$ ) y fueron diferentes al testigo.

**Palabras clave:** área foliar, biofertilización, composición morfológica.

Recibido: octubre de 2018

Aceptado: noviembre de 2018

La domesticación de mijo Perla inició hace 4 500 años y es originario de la zona Norte y Centro del Sahel africano (Cloutault *et al.*, 2012). En África y Asia se siembra una superficie de 14 millones de hectáreas y la producción mundial del grano supera los 10 millones de toneladas anuales, siendo la India el mayor contribuyente de la producción mundial con 50%, de este grano dependen cerca 500 millones de personas en el mundo (DAFF, 2011).

Las plantas adultas de mijo perla pueden crecer de 50 cm a 4 m de altura y cada planta produce más de cuatro vástagos y de los cuales emerge una panícula que puede medir hasta 35 cm de largo y 3.5 cm de diámetro. Los carióspsides de mijo Perla maduran después de 25 días de iniciada la antesis y pesan alrededor de 8 mg además, ésta planta se caracteriza por prosperar en áreas de escasa precipitación con rendimientos de forraje verde de 13 a 23 t ha<sup>-1</sup> y de 2 a 4 t ha<sup>-1</sup> de grano (Hernández y Zavala, 2009); sin embargo, el forraje de mijo Perla henificado en estado de embuche, floración, lechoso-masoso y senescente, contiene: 11.3, 9.68, 6.93 y 7.77% de PC, así como FDN de 62.6, 65.2, 67.9 y 66.8%, respectivamente (Urrutia *et al.*, 2011). Por su parte Urrutia *et al.* (2014), en mijo perla se encontraron en estado de floración 12.2% de PC y 65% de FDN.

Se ha documentado que la aplicación de biofertilizantes como los hongos *Glomus* spp, forman asociaciones simbióticas con las raíces de gramíneas y aumentan la capacidad de captura de agua y solubilizan los fosfatos del suelo haciéndolos disponibles para las plantas (Mena *et al.*, 2013); por lo anterior, en maíz, Díaz-Franco *et al.* (2008a) no encontraron diferencias en tres años de producción de grano entre micorrizas y fertilización química y Díaz-Franco *et al.* (2008b) en sorgo, reportaron mayor producción de grano al usar micorrizas en condiciones de humedad restringida en comparación a la fertilización química, y del mismo modo, Plana *et al.* (2008), en trigo reportaron mayor rendimiento con uso de micorrizas, seguido de la nutrición mineral, ya que a mayor área foliar; mejor nutrición, llenado de grano y por tanto, mayor rendimiento (Dell'Amico *et al.* (2002); López-Castañeda (2006). Por su parte Ali *et al.* (2010) en maíz, encontraron que plántulas infectadas con *Glomus mosseae* no superaron al testigo (con fertilización química) en las primeras 10 semanas después de siembra en materia seca, altura de planta, grosor de tallo y largo de raíz, argumentando que se necesita más tiempo para que los hongos colonicen a raíces.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de micorrizas *Glomus intraradices* provenientes del INIFAP y Azo-Fer, fertilización química 120-60-00, así como la combinación de micorrizas y fertilización al 50%, en respuesta al área foliar, composición morfológica y cantidad y calidad de semillas de mijo perla variedad MF13, en condiciones de riego en el Altiplano de San Luis Potosí.

## Desarrollo del experimento

El experimento se realizó en el ciclo agrícola primavera-verano 2013 en el Campo Experimental San Luis del INIFAP, en el estado de San Luis Potosí, ubicado a 1 835 m de altitud. La clasificación del suelo corresponde a un Calcisol y textura arcillosa (FAO-UNESCO-ISRIC, 1988), con clima seco-templado (Bsk), temperatura media anual de 16.2 °C y 306 mm de precipitación (INEGI, 2014).

La preparación de terreno constó de barbecho, así como de dos pasos de rastra, se regó de manera rodada y después se realizó otro rastreo y se sembró (16 de mayo). Las semillas utilizadas de mijo perla MF13 para la siembra provinieron del mismo Campo Experimental San Luis del INIFAP, San Luis Potosí, México, del ciclo de siembra primavera-verano 2012, para esto, se caracterizaron

para germinación antes de la siembra, al utilizar cuatro repeticiones de 100 semillas en arena con humedad edáfica a capacidad de campo a 2 cm de profundidad a la sombra y se cubrieron con plástico oscuro y se contabilizó la emergencia 15 días después de siembra (dds).

La siembra se realizó de forma mecanizada al utilizar una sembradora marca Lucatero<sup>®</sup>, para esto se utilizó una densidad a dosis de 5 kg ha<sup>-1</sup> de semilla pura germinable para cada tratamiento (Hernández *et al.*, 2013) además, el lote de semillas, estuvo inspeccionado bajo la normatividad del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Cada parcela constó de 15 surcos a 80 cm de distancia con 70 m de longitud y se asignaron tres repeticiones al azar y éstas se aislaron con bordos reforzados para evitar que el agua de riego tuviese contacto entre parcelas; en total fueron 18 parcelas, además, dentro de cada parcela se marcaron tres unidades experimentales de dos surcos por 6 m de longitud. Los tratamientos consistieron de (1) fertilización química 120-60-00 (TF100), (2) micorriza INIFAP<sup>®</sup> (TM-INIFAP<sup>®</sup>), (3) micorriza Azo-Fer<sup>®</sup> (TM-Azo-Fer<sup>®</sup>), (4) micorriza INIFAP<sup>®</sup> + 60-30-00 (TM-INIFAP+F50), (5) Micorriza Azo-Fer<sup>®</sup> + 60-30-00 (TM-Azo-Fer+F50) y (6) testigo (T).

La fuente de micorrizas *Glomus intraradices* a semillas de mijo perla provino de INIFAP<sup>®</sup> y micorrizas Azo Fer<sup>®</sup> (Biofábricas siglo XXI<sup>®</sup>). Para adherir los hongos a las semillas, se usó 1 mL de adherente (adherente INIFAP<sup>®</sup>) disuelto en 100 mL de agua corriente; posteriormente, la solución preparada se asperjó con un atomizador manual a las semillas y finalmente se adicionaron las micorrizas, uniformizando la aplicación de forma manual, de tal forma que todas fueron cubiertas. La dosis de micorriza fue de 0.5 kg ha<sup>-1</sup> (100 000 propágulos de micorriza en 1 kg de semilla para cada tratamiento). Posteriormente a 20 dds se aplicó un riego de auxilio y 48 h después se realizó la primera escarda y la segunda escarda se realizó a 42 dds. La fertilización se realizó en la escarda de forma manual, a 10 cm de distancia de la base de las plantas con la fórmula 120-60-00, la cual es óptima para el tipo de suelo y para este cultivo (Hernández y Zavala, 2009). Cuando el fertilizante se combinó con micorrizas, la fórmula utilizada fue 60-30-00. Las fuentes de los fertilizantes químicos utilizados fueron urea (46-00-00) y difosfato amónico (18-46-00).

El riego fue de manera rodada y constó cada uno de una lámina de 13 cm, la cual fue monitoreada y registrada (m<sup>3</sup>) con el uso de un fluxómetro marca McCrometer<sup>®</sup> en seis ocasiones. Los riegos iniciaron desde 18 dds, efectuándose cuando el cultivo presentó síntomas de marchitez, hasta la etapa de llenado de semilla. Cuando hubo presencia de lluvia el riego fue suspendido. Para calcular el total de agua utilizada, se sumó a la cantidad de agua regada la precipitación pluvial que se presentó. No hubo presencia de malezas que interfirieran con el desarrollo del cultivo. Para controlar la plaga de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se utilizó el producto comercial Lorsban 480E<sup>®</sup> a una dosis de 1.0 L ha<sup>-1</sup> y se aplicó el 15 de agosto de 2013, con ayuda de una mochila aspersora de 15 L de capacidad. Para evitar la depredación de cariósides por aves durante el llenado de semilla (30 días), se utilizaron cuetes de poco estruendo.

La cosecha se realizó de manera manual y se colocó a panículas en costales de polietileno bajo techo de plástico y malla anti pájaros con flujo de aire durante 30 días y después se desgranó de manera manual, posteriormente, para eliminar los residuos de apéndices florales se usó un ventilador y se colocó a las semillas en bolsas de polietileno. Antes de colocar a semillas en bolsas, se determinó la humedad de las semillas por el método directo de estufa (Moreno, 1996), y una vez alcanzada la humedad deseada, se procedió al embazado y sellado de costales.

## **Variables a evaluar**

### **Altura de planta (cm)**

Para esto se tomaron al azar de cada parcela cuatro plantas y se midió desde el suelo hasta el ápice de hoja más larga y ápice de panícula. Esa actividad se realizó cada 10 días a partir de la primera escarda hasta presentar antesis.

### **Índice de área foliar (cm<sup>2</sup>)**

Se determinó en el periodo de antesis y en estado lechoso-masoso en cada unidad experimental, para esto, se extrajo una planta completa y se midió el área foliar de cada hoja, presente en cada tallo, empleando la fórmula siguiente: área foliar (largo x ancho de cada lámina foliar de la planta) x 0.75 (Carrillo y Ruiz, 2004).

### **Composición morfológica (g MS pl<sup>-1</sup>)**

A partir de las plantas para medir el área foliar, éstas fueron separadas en láminas foliares, tallos, panículas y material muerto, posteriormente, el material se colocó en bolsas de papel para su secado en estufa (CIDERTA<sup>®</sup>) de aire forzado a 55 °C durante 72 h y se pesó en una báscula (Lecsa<sup>®</sup>; g o kg).

### **Producción de semilla por hectárea (kg)**

Se obtuvo al pesar la totalidad de cariósides de cada unidad experimental y mediante regla de tres, se relacionó a 1 ha.

### **Peso de mil semillas (mg)**

Se contaron ocho repeticiones de 100 cariósides tomados al azar de cada unidad experimental y se pesó al utilizar una báscula analítica (Ohaus<sup>®</sup>) y el peso de 1000 cariósides se obtuvo multiplicando por diez a la media aritmética de las ocho repeticiones (ISTA, 2012).

### **Peso hectolítrico (kg 100 L<sup>-1</sup>)**

Se pesó un volumen de un litro de semillas en cuatro ocasiones para cada una de las 36 unidades experimentales y se relacionó a 100 L.

### **Pureza (%)**

A partir de la semilla obtenida de cada unidad experimental, se pesaron cuatro repeticiones de 25 g de cada una y se separó en tres componentes: semilla de la especie de interés, otras semillas y material inerte (piedras, partículas de suelo y fragmentos de plantas). Según la ISTA (2012) considera como semillas a aquellas completas o intactas y también a aquellas de tamaño inferior al normal, arrugadas, enfermas o germinadas, siempre que puedan ser identificadas como pertenecientes a la especie analizada. Para obtener la pureza se aplicó la siguiente fórmula: pureza = peso de semilla pura (g) x 100/peso total de la muestra.

### Contenido de humedad (%)

Se usó el método directo de estufa, el cual, consistió en pesar una muestra de 24 g, obtenida del lote de semillas cosechadas en cada unidad experimental, la cual se separó en cuatro submuestras de 6 g y cada una se colocó en un recipiente de metal con tapa, mismos que se pesaron antes y después de ingresar a la estufa. La estufa se calibró a  $103 \pm 1$  °C y las muestras se mantuvieron por 6 h. Se determinó el contenido de humedad mediante la diferencia de peso de semilla antes de secarse y posterior al secado (Moreno, 1996).

### Número de semillas por kilogramo

En cada unidad experimental se pesaron cuatro repeticiones de cinco gramos y se contó la cantidad de cariósides y posteriormente, mediante regla de tres, se calculó el contenido respectivo por kg.

Eficiencia de agua. Se obtuvo al dividir la cantidad de semilla de cada tratamiento entre el agua consumida en los riegos ( $m^3$ ) más la acumulación de precipitación pluvial.

### Análisis estadísticos

Se usó un diseño experimental completamente al azar y los datos obtenidos se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS (2009). Las medias de las variables evaluadas fueron comparadas mediante la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

### Discusiones

La caracterización de la semilla de mijo Perla MF13 antes de la siembra (Cuadro 1), muestra buena germinación con un contenido de humedad adecuado (Moreno, 1996), así como buena germinación.

**Cuadro 1. Caracterización inicial de semilla MF13 de mijo perla.**

| Nombre comercial | Nombre ICRISAT* | Pureza (%) | Humedad (%) | Peso 1 000 semillas (g) | Peso hectolítrico (g) | Número de semillas $kg^{-1}$ | Germinación (%) |
|------------------|-----------------|------------|-------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------|
| MF13**           | IP-19586        | 98         | 11.5        | 1 000                   | 88 140                | 100 000                      | 87.2            |

### Altura de planta

Solo se observaron diferencias en altura en la segunda fecha de muestreo ( $p \leq 0.01$ ; Cuadro 2), en el tratamiento testigo se registró la menor altura (70 cm) y en las fechas restantes, así como en promedio no se observaron diferencias ( $p > 0.05$ ). Por lo que el uso de micorrizas o fertilizantes químicos, así como su combinación, bajo riego no repercute en mayor altura de planta entre fertilizantes y testigo, lo cual difiere con Plana *et al.* (2008); Díaz-Franco *et al.* (2008b) quienes reportan que inóculos micorrízicos favorecen el desarrollo de cereales.

**Cuadro 2. Altura de planta de la variedad MF13 de mijo perla por fecha de muestreo.**

| Tratamiento                 | 14-junio | 24-junio | 04-julio | 15-julio | 25-julio | 05-agosto | $\bar{X}$ |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Testigo                     | 35a †    | 70 b     | 92 a     | 148 a    | 202 a    | 249 a     | 199       |
| Fertilización 100%          | 36 a     | 73 ab    | 96 a     | 153 a    | 214 a    | 254 a     | 162       |
| Micorriza INIFAP®           | 36 a     | 74 ab    | 98 a     | 154 a    | 214 a    | 254 a     | 185       |
| Micorriza INIFAP® + 50% F*  | 36 a     | 75 ab    | 94 a     | 147 a    | 208 a    | 262 a     | 196       |
| Micorriza Azo Fer®          | 36 a     | 76 a     | 99 a     | 154 a    | 207 a    | 244 a     | 169       |
| Micorriza Azo Fer® + 50% F* | 36 a     | 72 ab    | 91 a     | 141 a    | 196 a    | 244 a     | 201       |
| DMSH                        | 1.73     | 5.6      | 10.2     | 16       | 19.2     | 25.3      | 9.25      |

†= literales iguales por columna, son promedios estadísticamente iguales ( $p > 0.05$ ); \* = fertilización 60-30-00; DMSH= diferencia mínima significativa honesta.

### Área foliar

No se observaron diferencias en el largo y ancho de las hojas con los tratamientos asignados ( $p > 0.05$ ; Cuadro 3), por lo que el uso de micorrizas y fertilizantes químicos, así como su combinación no repercuten en mayor área foliar de las plantas de mijo perla, lo cual difiere con Dell'Ámico *et al.* (2002) quienes reportaron 20% más área foliar al usar micorrizas en comparación al Testigo (sin inocular). En la composición morfológica en estado fisiológico de antesis de la planta (Cuadro 3), se observaron diferencias significativas solamente en biomasa de MS de tallos ( $p \leq 0.01$ ), el valor mayor fue resultado de la fertilización 120-60-00 (368 g MS  $pl^{-1}$ ) y el menor el testigo (167 g MS  $pl^{-1}$ ); sin embargo, no se encontró diferencias en hojas, panículas, material muerto ni en total ( $p > 0.05$ ). Al fertilizar con ambas fuentes, se obtuvo mayor biomasa de materia seca por planta, por tanto, el uso de micorrizas y fertilizantes, así como su combinación fue importante para obtener tallos más pesados y en caso que se decida proporcionar al ganado molido en verde, cubre los requerimientos de proteína en bovinos de 350 kg (12%; NRC, 2001; Urrutia *et al.*, 2014).

**Cuadro 3. Área foliar ( $cm^2$ ) y producción de biomasa de los componentes morfológicos de plantas de mijo perla en antesis (g MS  $pl^{-1}$ ) con uso de micorrizas, fertilizantes químicos y su combinación, en condiciones de riego.**

| Tratamiento                 | Área foliar | Tallos | Hojas | Panículas | MM   | Total |
|-----------------------------|-------------|--------|-------|-----------|------|-------|
| Testigo                     | 3 814 a †   | 167 b  | 23 a  | 94 a      | 5 a  | 288 a |
| Fertilización 120-60-00     | 4 533 a     | 368 a  | 32 a  | 91 a      | 16 a | 507 a |
| Micorriza INIFAP®           | 4 805 a     | 240 ab | 25 a  | 97 a      | 9 a  | 371 a |
| Micorriza INIFAP® + 50% F*  | 4 805 a     | 252 ab | 30 a  | 84 a      | 11 a | 376 a |
| Micorriza Azo Fer®          | 3 744 a     | 249 ab | 25 a  | 106 a     | 12 a | 392 a |
| Micorriza Azo Fer® + 50% F* | 3 594 a     | 264 ab | 32 a  | 110 a     | 4 a  | 410 a |
| DMSH                        | 1 290       | 195**  | 17    | 53        | 14   | 237   |

†= literales iguales, en columna, son promedios estadísticamente iguales; \* = fertilización (60-30-00); MM= material muerto; \*\* =  $p \leq 0.01$ ; DMSH= diferencia mínima significativa honesta.

### Composición morfológica (g MS pl<sup>-1</sup>)

En estado lechoso-masoso de las plantas de mijo perla solamente se observó diferencia en el peso de tallos (Cuadro 4;  $p \leq 0.01$ ) y el testigo resultó en menor peso de tallos y fue diferente a biofertilización y fertilización química y sus combinaciones ( $p \leq 0.01$ ), lo cual concuerda con Díaz-Franco *et al.* (2008a); Díaz-Franco *et al.* (2008b); Plana *et al.* (2008). Cabe mencionar, que en promedio los tallos contribuyen 65%, panículas 25%, hojas 7% y material muerto 2%, por tanto en este cultivo, la aplicación de micorrizas o sus combinaciones con nutrición mineral o con micorrizas, repercutirá en mayor producción de materia verde; por lo anterior, Urrutia *et al.* (2014) en mijo perla mencionan que el contenido de proteína para los estadíos de séptima hoja, hoja bandera, embuche y floración fueron: 15.4, 13, 12.7, 12.2, respectivamente, mientras que para la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) fueron: 81.7, 72.5, 74.5 y 69%, respectivamente y la energía metabolizable (EM) no fue afectada (1.9 Mcal kg<sup>-1</sup>), por tanto, el mijo Perla es una buena alternativa forrajera para la zona semiárida de México.

**Cuadro 4. Producción de biomasa de los componentes morfológicos de plantas de mijo perla en estado lechoso-masoso (g MS pl<sup>-1</sup>) con uso de micorrizas, fertilizantes químicos y su combinación, en condiciones de riego.**

| Tratamiento                             | Tallos  | Hojas | Panículas | MM   | Total |
|---|---------|-------|-----------|------|-------|
| Testigo                                 | 167 b † | 23 a  | 94 a      | 5 a  | 288 a |
| Fertilización 120-60-00                 | 368 a   | 32 a  | 91 a      | 16 a | 507 a |
| Micorriza INIFAP <sup>®</sup>           | 240 ab  | 25 a  | 97 a      | 9 a  | 371 a |
| micorriza INIFAP <sup>®</sup> + 50% F*  | 252 ab  | 30 a  | 84 a      | 11 a | 376 a |
| Micorriza Azo Fer <sup>®</sup>          | 249 ab  | 25 a  | 106 a     | 12 a | 392 a |
| Micorriza Azo Fer <sup>®</sup> + 50% F* | 264 ab  | 32 a  | 110 a     | 4 a  | 410 a |
| DMSH                                    | 195**   | 17    | 53        | 14   | 237   |

†= literales en columna iguales, son promedios estadísticamente iguales; \* = fertilización (60-30-00); MM= material muerto; \*\* =  $p < 0.01$ .

### Producción de semilla ha<sup>-1</sup> y eficiencia de uso de agua

Se observaron diferencias significativas en producción de semilla ( $p \leq 0.05$ ; Cuadro 5) y está en el rango de producción consignado por Hernández *et al.* (2013) y el rendimiento mayor se obtuvo al fertilizar con 120-60-00, el cual, fue similar a micorrizas INIFAP ( $p > 0.05$ ) lo anterior, coincide con Díaz-Franco *et al.* (2008a); Díaz-Franco *et al.* (2008b); Plana *et al.* (2008); Mena *et al.* (2013) y por otro lado la producción de semilla con micorriza Azo Fer<sup>®</sup>, combinaciones y testigo fueron similares ( $p > 0.05$ ). Por tanto, con una adecuada nutrición de la planta, mayor producción de semilla (Villanueva *et al.*, 2001; López-Castañeda, 2006) y por tanto mayor aprovechamiento del agua.

**Cuadro 5. Producción de semilla de mijo perla (kg ha<sup>-1</sup>) y eficiencia en el uso de agua de la variedad de mijo perla MF13.**

| Tratamiento   | Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) | Uso de eficiencia de agua (€) |
|---|------------------------------------|-------------------------------|
| Testigo   | 1631 b †                           | 96 b                          |
| Fertilización 120-60-00                             | 2685 a                             | 152 a                         |
| Micorriza INIFAP <sup>®</sup>                       | 2221 ab                            | 131 ab                        |
| micorriza INIFAP <sup>®</sup> + 50% F <sup>*</sup>  | 1811 b                             | 107 b                         |
| Micorriza Azo Fer <sup>®</sup>                      | 1783 b                             | 105 b                         |
| Micorriza Azo Fer <sup>®</sup> + 50% F <sup>*</sup> | 1754 b                             | 103 b                         |
| DMSH  | 774                                | 45.3 <sup>**</sup>            |

†= literales en columna iguales, son promedios estadísticamente iguales; \* = fertilización (60-30-00); €= total de agua utilizada (precipitación + riego) en la unidad experimental; \*\* =  $p < 0.01$ .

### Análisis físico de la semilla producida

No se observaron diferencias en las variables de análisis físico de semillas provenientes de fertilizantes químicos, micorrizas, combinaciones y testigo ( $p > 0.05$ ; Cuadro 6) y la fertilización biológica o química influye en rendimiento, mas no en peso hectolítrico y peso de mil semillas; sin embargo, Noda (2009), en trigo reporta incrementos de 20 a 50% en número de granos por espiga. Cabe mencionar que el peso hectolítrico de los tratamientos fue menor en 3% al encontrado en la caracterización de semillas antes de la siembra, mientras que el peso de mil semillas del testigo fue 20% mayor en comparación al encontrado en caracterización inicial y por otra parte, comparando la cantidad de semillas por kg, ésta fue mayor durante la caracterización inicial de la semilla ya que los carióspsides fueron más pequeños en comparación a la obtenida con los tratamientos evaluados.

**Cuadro 6. Análisis físico de semillas de mijo perla MF13 posterior a la cosecha.**

| Tratamiento                           | Peso hectolítrico (g) | Peso de 1 000 semillas (g) | Número de semillas kg <sup>-1</sup> | Pureza (%) | Humedad (%) |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------|-------------|
| Testigo                               | 84667 a †             | 1202.7 a                   | 44094 a                             | 96.2 a     | 11.9 a      |
| Fertilización 120-60-00               | 86667 a               | 2685.2 a                   | 86667 a                             | 96.1 a     | 11.9 a      |
| Micorriza INIFAP                      | 85700 a               | 2220.7 a                   | 85700 a                             | 96.3 a     | 12.2 a      |
| micorriza INIFAP + 50% F <sup>*</sup> | 85450 a               | 1811.5 a                   | 85450 a                             | 96.1 a     | 11.6 a      |
| Micorriza AzoFer                      | 85617 a               | 1782.8 a                   | 85617 a                             | 96 a       | 12.6 a      |
| Micorriza AzoFer + 50% F <sup>*</sup> | 84383 a               | 1753.7 a                   | 84383 a                             | 96.2 a     | 12.6 a      |
| DMSH                                  | 3522                  | 1.47                       | 15070                               | 0.6        | 0.97        |

\* = fertilización (60-30-00); †= literales minúsculas iguales por columna, son promedios estadísticamente similares ( $p > 0.05$ ).

### Conclusiones

El uso de biofertilizantes micorrízicos y fertilizantes químicos tuvieron un efecto similar en producción de biomasa de tallos en el periodo de antesis y estado lechos-masoso, mientras en producción de semilla (kg ha<sup>-1</sup>), micorrizas INIFAP y fertilizantes químicos fueron similares y por tanto mayor eficiencia del agua. El área foliar, altura de planta y calidad de semilla no dependieron del uso de fertilizantes o biofertilizantes.



## Literatura citada

- Ali, A., Mustafa, A.; Radziah, O.; Zainal, A. M. A. and Ganesan, V. 2010. Growth response of sweet corn (*Zea mays*) to *Glomus mosseae* inoculation over different plant ages. *Asian Journal of Plant Sci.* 9:337-343.
- Carrillo J. C. y Ruiz J. 2004. Producción de forraje en sorgo y mijo: variables de crecimiento. *Agron. Mesoam.* 15(1):69-76.
- Cloutault, J.; Anne-Céline, T.; Buiron, M.; De Mita, S.; Couderc, M.; Haussmann. B. I. G.; Mariac, C. and Vigouroux, Y. 2012. Evolutionary history of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br.) and selection on flowering genes since its domestication. *Mol. Biol. Evol.* 29:1199-1212.
- DAFF. 2011. Department of agriculture, forestry and fisheries. Pearl millet: production guideline Republic of South Africa. 20 p.
- Dell'Amico, J.; Rodríguez, P.; Torrecillas, A.; Morte, A. y Sánchez-Blanco, M de J. 2002. Influencia de la micorrización en el crecimiento y las relaciones hídricas de plantas de tomate sometidas a un ciclo de sequía y recuperación. *Cultivos Trop.* 23(1):29-34.
- Díaz, F. A.; Garza, C. I.; Pecina, Q. V. y Montes, G. N. 2008b. Respuesta del sorgo a micorriza arbuscular y *Azospirillum* en estrés hídrico. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(1):35-42.
- Díaz-Franco, A.; Salinas-García, J. R.; Garza-Cano I. y Mayek-Pérez, N. 2008a. Impacto de labranza e inoculación micorrízica arbuscular sobre la pudrición carbonosa y rendimiento de maíz en condiciones semiáridas. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):257-263.
- FAO-UNESCO-ISRIC. 1988. Food and Agriculture Organization International Soil Reference and Information Centre. FAO/UNESCO soil map of the world, revised legend. *World Resources Report.* 60:56-58.
- Hernández, A. A.; Urrutia, M. J.; Cervantes, B. J. F. y Hernández, G. F. J. 2013. Producción, conservación y aprovechamiento del forraje de mijo perla en San Luis Potosí. Centro de Investigaciones Regional Noreste, Campo Experimental San Luis del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto para productores. 60 p.
- Hernández, A. J. A. y Zavala, G. F. 2009. Adaptación y estabilidad del rendimiento de grano de genotipos de mijo perla (*Pennisetum americanum* L. Leeke) en San Luis Potosí, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 32:143-152.
- INEGI. 2014. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Anuario estadístico y geográfico de San Luis Potosí, México. 573 p.
- ISTA. 2012. International Seed Testing Association. International rules for seed testing. *Seed Sci. Technol.* 27:27-32.
- López, C. C. 2006. Eficiencia en el uso de la precipitación en cereales en ambientes de secano. *Terra Latinoam.* 24:477-487.
- Mena, E. A.; Olalde, V.; Fernández, K. y Serrato, R. 2013. Diferencias en la respuesta del maíz (*Zea mays*) a la inoculación con *Glomus cubense* (Rodr. Y. y Dalpé) y con un conglomerado de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA). *Cultivos Tropicales.* 34:12-15.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª. (Ed.). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D. F. 393 p.
- Noda, Y. 2009. Las micorrizas: una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y Forrajes.* 32(2):1-10.

- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Subcommittee on dairy cattle nutrition. Committee on animal nutrition. Board on agriculture and natural resources. National Research Council. National Academy Press. Washington, DC. 401 p.
- Plana, P. J. R.; González, J. M.; Dell'Amico, F.; Fernández, A. y Calderón, M. Y. 2008. Efecto de dos inoculantes micorrízicos arbusculares 41 (base líquida y sólida) en el cultivo del trigo duro (*Triticum durum*). Cultivos Tropicales. 29:25-40.
- SAS. 2009. Statistical Analysis System. SAS Institute Inc. SAS/STAT User guide version 9.1.3 Cary, North Carolina. USA. 1167 p.
- Urrutia, M. J.; Hernández, A. A.; Cervantes, B. J. F. y Gámez, V. H. G. 2014. Características nutricionales del forraje de mijo perla en cuatro estados fenológicos. Rev. Mex. Cienc. Pec. 5(3):321-330.
- Urrutia, M. J.; Hernández, A. J. A.; Altamira, E. A.; Beltrán, L. S.; Gámez, V. H. and Díaz, G. M. O. 2011. Nutritional characteristics of silage and hay of pearl millet at four phenological stages. J. Animal Veterinary Adv. 10:1378-1382.
- Villanueva, D. J.; Loredó, O. C. y Hernández, A. A. 2001. Requerimientos hídricos de especies anuales y perennes en las zonas Media y Altiplano de San Luis Potosí. Campo Experimental Palma de la Cruz. SAGARPA-INIFAP, México. Folleto técnico núm. 12. 24 p.