



División II

Relación Suelo, Clima, Biota

- **Nutrición Vegetal**
- **Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera**
- **Biología de Suelos**
- **Tecnología y Uso de Fertilizantes**

Citar este documento como:

Flores, M.J.P., B. Corral D., P. Osuna A., J. Torres P., J. Valero G. y A.I. Flores A. 2014. *División II, Relación Suelo-Clima-Biota*, Pp.1-247; *In* Memoria del XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, 19 al 24 Octubre de 2014. Ciudad Juárez, Chihuahua. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México.



DIVISIÓN II

ÍNDICE

Núm	Título de la ponencia y autor (es)	PÁG
1	PERFILES DEL AGUA EN EL SUELO Y MOVIMIENTO DEL AGUA EN COLUMNAS CON SUELO. Acuayte-Valdés, M. C.; Tijerina-Chávez, L.; Hernández-López, J. C.	1
2	EFFECTO DEL ESTIERCOL SOLARIZADO EN EL CRECIMIENTO Y CONTENIDO DE CLOROFILA DE CHILE JALAPEÑO INJERTADO. Alderete-De Anda, Y.; Osuna-Ávila, P.; Corral-Díaz, B.; Flores-Margez, J. P.; Olivas, E.	7
3	EVALUACIÓN DE MICORRIZAS NATIVAS Y COMERCIALES EN PLANTAS DE TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L), MAS LOMBRICOMPOSTA. Avila Peralta, O; Mendoza Villarreal, R.; Cárdenas Flores, A.	12
4	LA PROPORCIÓN ESTEQUIOMÉTRICA N:P EN MANZANO. Blanco-Macías, F.; Valdez-Cepeda, R.D.; Llamas-Llamas, J.J.; Márquez-Madrid, M.; Magallanes-Quintanar, R.; Méndez-Gallegos, S. de J.	17
5	EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A SALINIDAD DE GENOTIPOS DE NOGAL PECANERO [<i>Carya illinoensis</i> (Wangeh) K. Koch]. Campos-Villarreal, A.; Arreola-Ávila, J.; Trejo-Calzada, R.; Cueto-Wong, J.; Hernández-Salgado, R.	23
6	VARIABILIDAD DE <i>Pseudomonas</i> FLUORESCENTES EN LA RIZÓSFERA DE MAÍZ. Carcaño-Montiel, M.G.; Medina-de la Rosa, G.; Hernández-Ruiz, F.J.; Sil-Palacios, G.; Tapia-Hernández, A. ¹ ; López-Reyes, L.	29
7	PRONÓSTICO DEL RIEGO EN LÍNEA Y TIEMPO REAL PARA CHIHUAHUA. Catalán-Valencia E.A.; Villa-Castorena M.M.; Inzunza-Ibarra M. A.; Román-López A.; Delgado- Ramírez G.; González-Barrios J.L.	34
8	FITOPATÓGENOS PRESENTES EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA DE TOMATE CULTIVADO EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO CERRADO. De la Rosa-Rodríguez, R.; Avelar-Mejía, J.J.; Lara-Herrera, A.; Estrada-Casillas, J.; Lozano-Gutiérrez, J.; Luna-Flores, M.; Llamas-Llamas, J.J.	40
9	EFFECTO DE DOSIS CRECIENTES DE COMPOSTA EN EL CONTENIDO NUTRIMENTAL DEL SUELO Y PLANTA DE GUAYABO. De Luna-Jiménez, A.; Luna-Ruiz, J. de J.; Arredondo-Figueroa, J. L.; Martínez-de Lara, J.	45
10	PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA POSITIVELY AFFECT ROOT GROWTH AND NUTRIENT STATUS OF THE MEXICAN FAN PALM (<i>WASHINGTONIA ROBUSTA</i> WENDLAND: ARECACEAE) PLANTS. Estrada-Luna, A.A.; Camarena-Olague, E.G.; Olalde-Portugal, V.	50



11	RENDIMIENTO Y PROPIEDADES BIOQUÍMICAS EN TOMATE BAJO DIFERENTES DOSIS DE ESTIÉRCOL BOVINO SOLARIZADO. Gallegos-Robles, M. A.; Gonzáles-Salas, U.; Candelas Cadillo, M.G.; Vázquez-Vázquez, C.; Orona-Castillo, I.; García-Hernández, J. L. ¹ ; Luna-Ortega J. G.	56
12	APROVECHAMIENTO DE LOS EFLUENTES DEL BIODIGESTOR DE BETA SAN GABRIEL EN MAIZ (<i>Zea mays</i> ; L) PARA FORRAJE. Gallegos-Ponce, A.; Silos-Córdova, S. G.; Ordaz-Vargas, S.	61
13	EVOLUCIÓN DE CO ₂ COMO INDICADOR DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN ABONOS ORGÁNICOS DE CACHAZA DE CAÑA DE AZÚCAR. García-Preciado ¹ , A.; Benedicto-Valdés, B.; Vicente-Hernández, C.; Álvarez-Cilva, D.	66
14	INDICADORES FECALES <i>CRYPTOSPORIDIUM</i> Y <i>GIARDIA</i> EN AGUA DE POZOS POTABLE Y RIEGO DEL VALLE DE JUÁREZ. González-Talamantes, C.; Olivas-Enríquez, E.; Flores-Margez, J.P.; Ramírez-López, A.	74
15	CONTENIDO DE CAPSAICINOIDES EN CHILES (<i>Capsicum annuum</i> L.) DEL NORTE DE MÉXICO. González-Zamora, A.; Sierra-Campos, E.; Gallegos-Robles, M.A.; Vázquez-Vázquez, C.; Cano-Ríos, P.; García-Hernández, J.L.	79
16	GERMINACIÓN DE CHILE CHILTEPÍN (<i>Capsicum annuum</i>) BAJO DIFERENTES AMBIENTES FÍSICO-QUÍMICOS. López- Ramírez, E.; Osuna-Ávila, P.; Corral-Díaz, B.; Medina- Martínez, T.; Flores-Margez, J.P. y Olivas- Enríquez, E.	84
17	EFFECTO ANTAGONISTA DE BACTERIAS ASOCIADAS A MAÍZ CONTRA <i>Fusarium</i> sp. López-Reyes, L.; Gómez-Velázquez, L.; Pérez-Esteban, O.; Carcaño-Montiel, M.; Portillo-Manzano, E.; Jiménez-Salgado, T.	89
18	ESTIÉRCOL SOLARIZADO COMO FERTILIZANTE ORGANICO EN EL CULTIVO DE CHILE JALAPEÑO (<i>CAPSICUM ANNUUM</i> L.). Medrano-Almaraz, Y.; Flores-Margez, J.P.; Corral-Díaz B.; Osuna-Ávila P.; y Olivas- Enríquez. E.	94
19	EVALUACIÓN DE MINERALES EN PLANTAS DE TOMATE (<i>SOLANUM LYCOPERSICUM</i> L.) INOCULADAS CON <i>AZOSPIRILLUM</i> SELENIO. Mendoza-Villarreal, R.; Canales-Ruelas, E.; Valdes-Aguilar, L. A. y Sandoval-Rangel, A.	99
20	DINÁMICA ENZIMÁTICA DEL CICLO DEL CARBONO EN COMPOSTA DE ESTIÉRCOL DE BOVINO. Monárrez-Macias, N. M.; Quintero-Lizaola, R.; Pineda-Pineda, J.; Ojeda-Trejo, E.; Hernández-Acosta, E.; Velázquez-Ramírez, L.	104
21	DETERMINACIÓN DE HONGOS Y LEVADURAS EN FRUTO Y SUPERFICIE DE MELÓN DESARROLLADO EN SUSTRATOS ORGÁNICOS. Moreno-Resendez, A.; Segundo-Morales, J.L.; Froto-Madariaga, Ma.L.; Fernández-Michel, S.G.; Chavira-Zuñiga, Ma. A.	109



22	BIOACUMULACIÓN DE MICRONUTRIENTES EN FRUTO DE PIMIENTO MORRÓN BAJO INFLUENCIA DE PORTAINJERTO. Muñoz-Márquez, E.; Sánchez-Chávez, E.	114
23	MUCÍLAGO DE NOPAL (<i>Opuntia</i> spp.) SOBRE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL CICLO DEL CARBONO. Muñoz-Bojorges, J. C.; Quintero-Lizaola, R.; Pérez-Nieto, J.; Valdés-Velarde, E.; García-Favela, B.; Rojas-Acosta, M.	119
24	FITOEXTRACCIÓN DE PLOMO CON HIGUERILLA Y ÁCIDO FÚLVICO DE UN SUELO CONTAMINADO. Peña-Cervantes, E.; López-Cervantes, R.; Hernández-Torres, I. M.; Pérez-Guzmán, S.	124
25	CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LAS BACTERIAS RESIDENTES EN EL TRACTO DIGESTIVO DE LA LOMBRIZ DE TIERRA <i>EISENIAFOETIDA</i> . Pérez-Pérez, J.A. y Espinosa-Victoria, D.	128
26	DEMANDA DE AGUA EN LOS SECTORES RESIDENCIAL, AGRÍCOLA Y PECUARIO DE CUATRO CIÉNEGAS, COAHUILA. Pérez-Mireles, G.; García-Salazar, J. A.	134
27	EXPRESIÓN DE LA ENZIMA CATALASA EN <i>Vitis vinífera</i> PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PORTAINJERTOS RICHTER 110, MILLARDET&DEGRASSET 101-14, PAULSEN 110-3 YCOUDERC 330-9. Portillo-Reynosa, K.; Ojeda-Barrios, D. L.; Parra-Quezada, R.; Nuñez-Barrios, A. Ruiz-Anchondo, T.	139
28	PRODUCCIÓN DE CHILE JALAPEÑO (<i>Capsicum annuum</i> L.) CON ABONOS ORGÁNICOS. Ramírez- Ibarra J. A.; García – Hernández J. L.; Fortis-Hernández M.; Gallegos-Robles M. A.; Vázquez- Vázquez C. ; Salazar –Sosa E.; Valenzuela –García A. A.	145
29	<i>SALMONELLA</i> EN CHILES COSECHADOS EN SUELOS CON ESTIÉRCOL SOLARIZADO. Resendez Morales, C.; Olivas-Enríquez, E.; Flores-Margez,, J.P.; Corral-Díaz, B.; Osuna-Ávila, P.	150
30	DINÁMICA NUTRIMENTAL DE <i>Cuitlauzinapendula</i> EN EL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DE LAS SIERRAS TRIQUI-MIXTECA. Ríos-Gómez, R.; Joaquín-Ortiz, A.; Solano-Camacho, E.; Gámez-Barajas, C	155
31	EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA PARA RIEGO POR BOMBEO EN FRESA (<i>Fragaria vesca</i>) EN EL DR-014 RIO COLORADO, B.C. VERSUS FRESA (<i>Fragaria vesca</i>) IRRIGADA POR BOMBEO EN EL DR-085 CELAYA, GUANAJUATO. Ríos-Flores, J.L.; Márquez-Rodríguez, M.A.; Marroquín-Verdugo J.A.; Santiago-Pérez F.; Vázquez-Velasco D.	160
32	VERMICOMPOST COMO SUSTRATO ORGANICO EN EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE CHILE TAJIN (<i>Capsicum annuum</i> L.) DE RECIENTE INTRODUCCION A LA COMARCA LAGUNERA EN CONDICIONES DE INVERNADERO. Ríos-Plaza, J.L.; García-Hernández, J.L.; Valdez-Cepeda, R.D.; Troyo-Diequez, E; Murillo-Amador, B.; Estrada-Loera, R.M.	166



33	EL PORTAINJERTO DE MANZANO INFLUYE EN VIGOR Y EN LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN HOJA Y FRUTO. Romero-Domínguez, L., Parra-Quezada, R.A.; Jacobo-Cuellar, J.L.; Ojeda-Barrios, D.L.; Salas-Salazar, N.; Guerreo-Prieto, V.M. y Ruiz-Anchondo, T.	171
34	INOCULACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA's) Y BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL (PGPR's) EN EL RENDIMIENTO DE FRESA. Serret-López, M.; Espinosa-Victoria, D.; Gómez-Rodríguez, O.; Delgadillo-Martínez, J.; Calderón-Zavala G.	176
35	SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO RADICULAR Y AÉREO DE <i>Laelia anceps</i> subsp. <i>Anceps</i> . Tejeda-Sartorius, O.; Trejo-Téllez, L. I.; Martínez-Rodríguez, G.	183
36	NITRÓGENO Y POTASIO EN LA CONCENTRACIÓN DE N, P Y K EN RIZOMAS DE ALCATRAZ, DESPUÉS DEL PRIMER CICLO PRODUCTIVO. Trejo-Téllez, L.I.; Torres-Flores, N.I.; Gómez-Merino, F.C.; Tejeda-Sartorius, O.; Trejo-Téllez, B.I.; Ramírez-Martínez, M.	189
37	LA PROPORCIÓN ESTEQUIOMÉTRICA N:P EN <i>Opuntia ficus-indica</i> L. (Miller) variedad 'Rojo Pelón'. Valdez-Cepeda, R.D.; Blanco-Macías, F.; Lara-Herrera, A.; Márquez-Madrid, M.; Magallanes-Quintanar, R.; Méndez-Gallegos, S. de J.; Villarreal-Guerrero, F.	195
38	PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO (<i>Zea mays</i> L) BAJO FERTIRRIEGO CON LIXIVIADO DE LOMBRIZ. Vázquez-Vázquez, C.; Ortiz-Angel, M.J.; Orona-Castillo, I.; Trejo-Escareño H.I.; Gallegos-Robles, M.A.; López-Martínez J.D.	199
39	EL GÉNERO <i>BACILLUS</i> AISLADO DE ESTIÉRCOL BOVINO COMO ANTAGONISTA DE <i>Phytophthora</i> spp. Vázquez-González, F.J.; De la Mora-Covarrubias, A.; Valero-Galvan, J.; Felix-Gastelum, R.	203
40	DETERMINACIÓN DEL DESPRENDIMIENTO DE CO ₂ COMO INDICADOR DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA DE DIFERENTES ABONOS ORGÁNICOS. Vicente-Hernández, Z.; Benedicto-Valdés, G.S.; García-Preciado, J.C.	207
41	PREACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS DE ALGODONERO (<i>Gossypium herbaceum</i> L.) Y SU EFECTO EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS. Villa-Castorena, M.M.; Catalán-Valencia E. A.; Inzunza-Ibarra M.A.; Román-López, A.; Macías-Rodríguez H.	212
42	EFECTO DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN PLANTAS DE CHILE HABANERO. Yam-Chimal, C.; Borges-Gómez, L.; Reyes-Ramírez, A.; Noh-Medina, J.	217
43	CARACTERIZACIÓN DE COMPOST PARA SUPRESIÓN DE FITOPATÓGENOS EDÁFICOS. Zorrilla-Sánchez, S.; Quintero-Lizaola, R.; Teliz-Ortiz, D.; Zavaleta-Mejía, E.	222



PERFILES DEL AGUA EN EL SUELO Y MOVIMIENTO DEL AGUA EN COLUMNAS CON SUELO.

Acuayte-Valdés, M. C.^{1*}; Tijerina-Chávez, L.¹; Hernández-López, J. C.¹

Hidrociencias, Colegio de Postgraduados. Carretera Federal México – Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. México.

*Autor responsable: c.acuayte@hotmail.com; Calle Ignacio Allende Mzna. 2 Lote 26, Col. Las Peñas, Iztapalapa, D.F. México. CP 09750; Tel. +52(045) 5546781471

Resumen

El presente trabajo tuvo por objetivo el establecimiento de premisas básicas sobre la conductividad hidráulica en perfiles y columnas de suelo. Se evaluó el funcionamiento de los tensiómetros con la finalidad de estudiar el comportamiento de la carga gravitacional (hz) y carga total (H) y determinación de los valores de la conductividad hidráulica a saturación, no saturación y evaluado el potencial del agua en el suelo (carga de presión) que cambia como una función de la profundidad y el tiempo. Las observaciones y las interpretaciones deben ser dirigidas a evaluar la forma y la naturaleza dinámica de los perfiles del potencial del agua en el suelo.

Palabras clave:

Conductividad hidráulica; Suelo; Tensiómetros .

Introducción

Sounders(1978),señalo que la conductividad hidráulica del suelo es un parámetro esencial en la determinación cuantitativa del movimiento del agua en los suelos y, consecuentemente para solucionar problemas que envuelven riego, drenaje recarga y conservación del suelo. De acuerdo con Reichardt (1985), la conductividad hidráulica es afectada por la estructura y textura del suelo, siendo mayor en suelos altamente porosos, fracturados o agregados y menor en suelos densos y compactados. De acuerdo con varios autores (Hillel, 2004; Miyazaki, 2006), la conductividad hidráulica presenta magnitudes diversas que conjugan los efectos de las características de la matriz del suelo (porosidad total, distribución de tamaño de poros y tortuosidad); así como aquellas propias de la solución que se desplaza a través de este (densidad y viscosidad). El hecho que la conductividad hidráulica se exprese bajo unidades de velocidad [$L T^{-1}$], la convierte en una variable fácilmente comparable con procesos relacionados como la intensidad de precipitación, u otras de movimiento de agua (Reynolds *et al*, 2002).

De acuerdo con Tijerina (2014). Las cargas de presión y gravitacional ayuda al entendimiento de como el agua se mueve a través del suelo, la carga gravitacional puede expresarse gráficamente una vez que se ha elegido el nivel de referencia. Si el nivel de referencia se toma en la base de la muestra de suelo, la carga gravitacional aumenta linealmente con la altura del suelo (**Figura 1a**). Si el nivel de referencia se toma en la parte superior de la muestra, la pendiente de la línea es la misma pero los valores de la carga gravitacional son negativos (**Figura 1b**). Aunque el nivel de referencia puede escogerse a cualquier elevación, la carga gravitacional siempre aumenta con la

altura y es completamente independiente de la carga de presión. La representación gráfica de las cargas gravitacionales, de presión y total si el manto freático está sobre la superficie y no existe movimiento de agua, considerando un perfil de suelo de 50 cm de profundidad y establecemos el nivel de referencia a 50 cm de profundidad (**Figura 1c**).

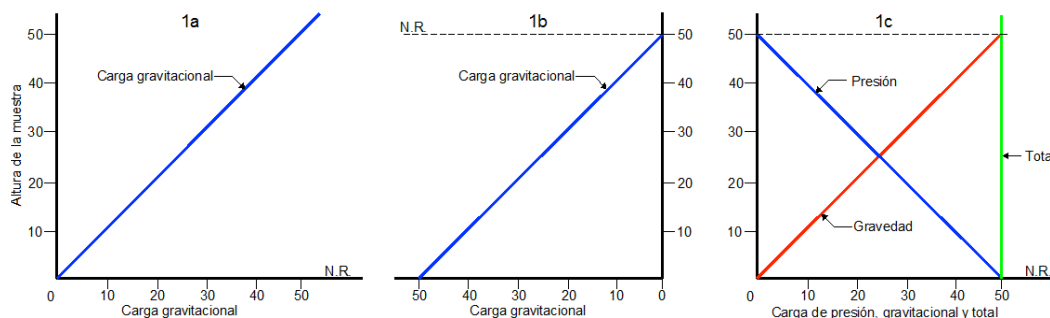


Figura 1. La carga gravitacional aumenta linealmente con la altura del suelo (**1a**), la carga gravitacional tiene valores negativos (**1b**), carga de presión, gravitacional y total (**1c**).

La carga gravitacional aumenta de 0 a 50 cm linealmente con la elevación, también la carga de presión aumenta de 0 (en la superficie del suelo) a 50 cm a una elevación de 50 cm abajo de la superficie; por lo tanto, la carga total es igual a la suma de las cargas de presión y gravitacional y dondequiera es igual a 50 cm.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó, durante el periodo del 09 de Mayo al 01 de julio de 2014, en el Laboratorio de RASPA perteneciente al Postgrado de Hidrociencias, situado en Montecillo, Estado de México. Se utilizó una columna de 100 cm de longitud con un diámetro de 14.4 cm, cuatro tensiómetros, manguera transparente, soporte graduado (cm). Después de que la columna fue ensamblada (**Figura 2**) se empaco con dos tipos de suelo: arena (9.767 kg) y arcilla (8.325 kg).



Figura 2. Ensamble y llenado de la columna.

Desarrollo del experimento.

Se saturó el suelo mediante su humedecimiento a partir del fondo de la columna utilizando un

dispositivo con carga constante. Cuando la superficie del suelo se inundó se midió y graficaron la carga de presión, gravitacional y total correspondiente a cada tensiómetro. Se usó la base de la columna como nivel de referencia para la carga gravitacional. Se establecieron condiciones estacionarias con +50 cm de carga de presión sobre la superficie, se utilizó un dispositivo con carga constante para mantener inundada la superficie. Los +50 cm de carga al fondo fueron mantenidos con un tubo de tygon a la salida de la columna y colocado a la salida del tubo a +50 cm arriba de la base de la columna. Las condiciones estacionarias se alcanzaron cuando los tensiómetros no cambian en el tiempo y cuando el gasto a la salida permaneció constante. Se cubrió la superficie del suelo y se mantuvo la carga de presión a +50 cm sobre la base de la columna hasta que el agua de la columna dejó de fluir. Se bajó la carga de presión a +5 cm, en la base de la columna y se mantuvo la carga de presión a + 5 cm arriba de la base de la columna hasta que no hubo flujo. Se calibró la carga constante del dispositivo de tal manera que el volumen a la salida se pudo medir. Se ajustó la carga de presión a +20 cm arriba del fondo de la columna del suelo usando la carga constante calibrada del dispositivo. Se retiró la tapadera de la superficie del suelo para que se evapore el agua de la columna (**Figura 3**). Se midió diariamente el volumen del agua que fluyó dentro de la columna y se calculó el flujo como una función del tiempo. Se midió y graficó la carga de presión, gravitacional y total de cada tensiómetro como una función de la profundidad del suelo. Se realizaron las gráficas de la carga de presión, gravitacional y total de cada tensiómetro cuando se alcanzaron las condiciones estacionarias del proceso evaporativo y se determinó la conductividad hidráulica entre cada par de tensiómetros usando la ley de Darcy.



Figura 3. Columna de suelo en diferentes condiciones.

Resultados y Discusión

Caso 1. La superficie del suelo se inundó, se midió y se graficó la carga de presión, gravitacional y total correspondiente a cada tensiómetro teniendo como nivel de referencia para la carga gravitacional la base de la columna. Como se puede observar en la **Figura 4**, la carga gravitacional (hz) aumenta linealmente con la altura del suelo, la carga de presión la pendiente de la línea es la misma pero los valores de la carga de presión (hp) son negativos y la carga total (H) es constante, bajo estas condiciones no se tiene flujo.

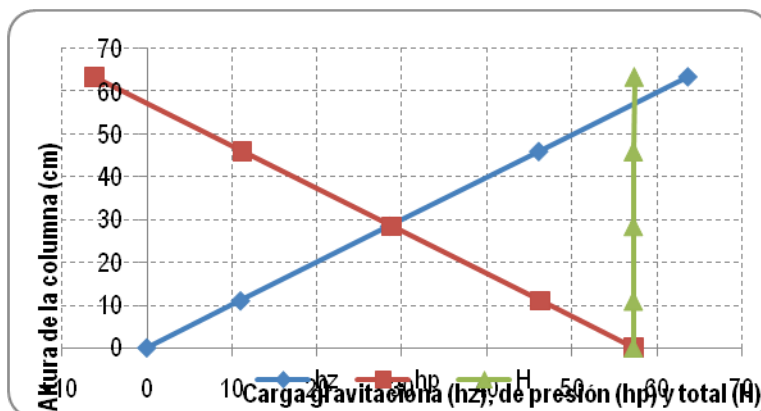


Figura 4. Sin flujo de agua en la columna de suelo.

Caso 2. Se establecieron condiciones estacionarias a +50 cm sobre el fondo de la columna. Como se observa en la **Figura 5**, la carga gravitacional (hz) aumenta linealmente con la altura del suelo, la carga de presión (hp) aumenta conforme disminuye la altura de la columna y la carga total (H) aumenta con el incremento de la altura de la columna. La conductividad hidráulica (cm/h) entre cada tensiómetro es: 2-1(K)=-0.0500, 3-2 (K)=-0.1403 y del 4-3 (K)=-0.1459. Por lo tanto; el flujo en la columna es hacia abajo.

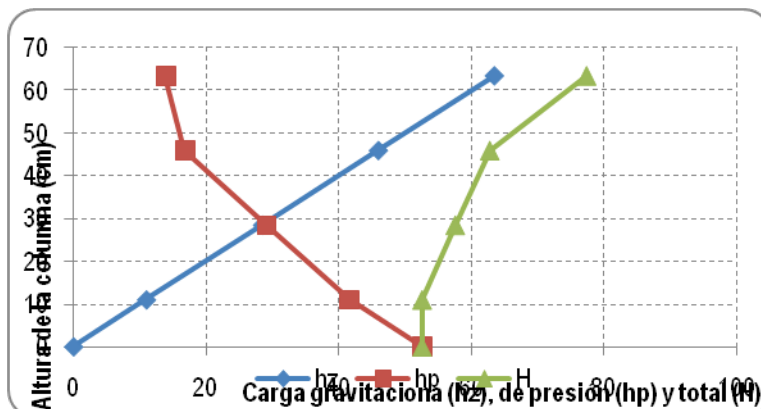


Figura 5. Con flujo y descarga a los 50 cm arriba del fondo de la columna.

Caso 3. Se mantuvo la carga de presión a +5 cm arriba de la base de la columna. De la **Figura 6**, se observa que la carga gravitacional (hz) aumenta linealmente con la altura de la columna, la carga de presión (hp) tiene valores negativos y aumenta conforme aumenta la altura de la columna y la carga total (H) se comporta de forma lineal. La conductividad hidráulica (cm/h) entre cada tensiómetro es: 2-1(K)=-0.0201, 3-2 (K)=-0.0230 y del 4-3 (K)=-0.0246. Por lo tanto; el flujo en la columna es hacia abajo.

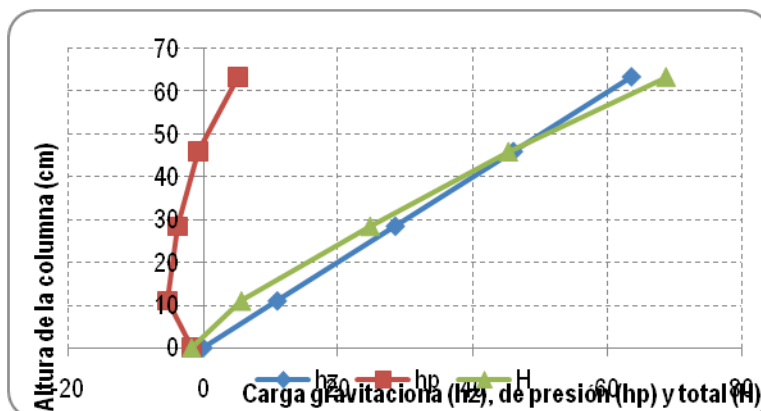


Figura 6. Con flujo y descarga a 5 cm por arriba del fondo de la columna.

Caso 4. Sin flujo en la descarga a +5 cm arriba de la base de la columna. De la **Figura 7**, podemos observar que la carga gravitacional (hz) aumenta linealmente con la altura de la columna, la carga de presión (hp) disminuye conforme aumenta la altura de la columna y la carga total (H) es constante. Por lo tanto; bajo estas condiciones el flujo es nulo.

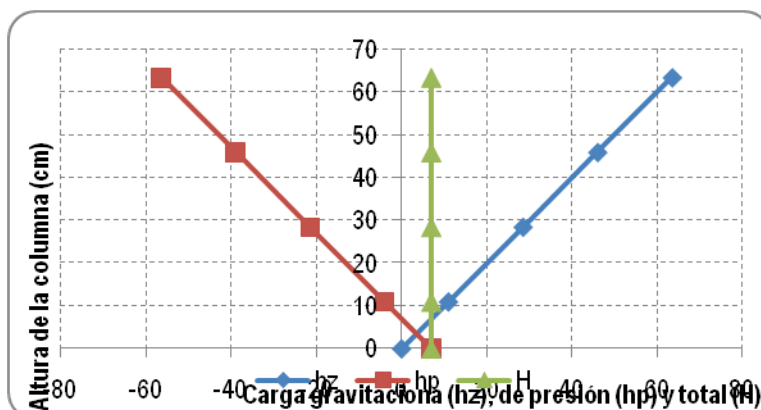


Figura 7. Sin flujo en la descarga a 5 cm arriba de la base de la columna.

Caso 5. Se Ajusto la carga de presión a +20 cm arriba del fondo de la columna del suelo. En la **Figura 8**, se observa que la carga gravitacional (hp) aumenta linealmente con la altura de la columna, la carga de presión (hp) disminuye con la altura de la columna y la carga total (H) tiende hacer constante. La conductividad hidráulica (cm/h) entre cada tensiómetro es: 2-1(K)=0.2791, 3-2 (K)=1.3557 y del 4-3 (K)=1.8979. Por lo tanto; bajo estas condiciones el flujo en la columna es ascendente.

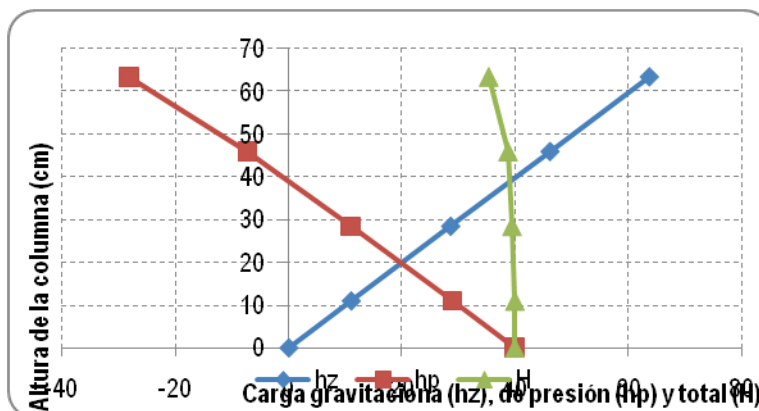


Figura 8. Evaporación con 20 cm de carga por arriba de la base de la columna.

Conclusiones

El uso de tensiómetros son herramientas que nos permiten conocer el comportamiento de la conductividad hidráulica en el suelo. La carga gravitacional (hz) y la carga de presión (hp) en todos los casos se comportan de manera similar, para el caso 1, 4 y 5 la carga total (H) se comporta de forma constante y solo en los casos 2 y 3 la carga total (H) tiene un comportamiento no lineal, en ambos casos la carga de presión (H) aumenta con la altura de la columna. Por lo tanto; el flujo en la columna es ascendente.

Bibliografía

- Hillel, D. 2004. Introduction to Environmental Soil Physics. Elsevier Academic Press. San Diego. CA. USA. 494 p.
- Miyazaki, T. 2006. Water flow in soils. (2nd Ed.). University of Tokyo, Japan. CRC Press, Taylor & Francis Group. 402 p.
- Reichardt, K. 1985. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 4 ed. Piracicaba. Fundação Cargill. 445p.
- Reynolds, W., Elrick, E., Youngs, E., Boutilink, H., Bouma, J. 2002. Saturated and field saturated water flow parameters. In: Dane J. and Topp G. (Eds.) Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods. ASA and SSSA, Madison, WI, pp: 797-816.
- Saunders, L. C. U., P.L. Libardi, e K. Reichardt. 1978. Condutividade hidráulica da Terra Roxa Estruturada em condições de campo. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 2: 164-7.
- Tijerina, Ch. L. 2014. Relaciones agua – suelo – planta – Atmosfera II, Notas de Curso. Colegio de Postgraduados. Estado de México. México. 189 p.





EFFECTO DEL ESTIERCOL SOLARIZADO EN EL CRECIMIENTO Y CONTENIDO DE CLOROFILA DE CHILE JALAPEÑO INJERTADO

Alderete-De Anda, Y.¹; Osuna-Ávila, P.^{2*}; Corral-Díaz, B.²; Flores-Margez, J.P.²; Olivas, E.²

¹Lic. en Biología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez Chihuahua, México

²Docentes e Investigadores, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez Chihuahua, México.

*Autor responsable: posuna@uacj.mx, Anillo Envoltente PRONAF y Estocolmo s/n. Zona PRONAF.Cd Juárez, Chihuahua. México CP 32310; Tel. +52(656)-6881800, ext.

Resumen

Varios estudios sugieren que el estiércol bovino incorpora minerales que tienen influencia en la producción de los cultivos agrícolas. Este es el primer estudio que evalúa el efecto del estiércol bovino con o sin solarización en plantas injertadas de chile (*Capsicum annuum* L.). La variedad jalapeño “M” fue injertada en Criollo Morelos var. 334. Se realizaron tratamientos con injertos y sin injertos, aplicando una dosis de 40 t/ha de estiércol bovino con o sin solarizar y su testigo (suelo agrícola). Para la técnica de injerto se obtuvo una tasa de supervivencia del 66.6%. El crecimiento de las plantas con o sin injerto no fue influenciado por los diferentes sustratos estudiados. En cambio, las plantas injertadas cultivadas en estiércol bovino fue consistente el incremento del contenido de clorofila quizás como un indicador de la mineralización del nitrógeno trasladado a las plantas. El chile jalapeño no altero su contenido de clorofila a pesar de ser injertada.

Palabras clave

Estiércolsolarizado; Chilejalapeño; Injertos.

Introducción

El estado de Chihuahua es uno de los principales productores de chile a nivel nacional (SIAP, 2011). Los agricultores de nuestro país presentan pérdidas de un 40 y 100% en la producción de chile a causa de diversos fitopatógenos como los hongos (*Phytophthora capsici*, *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp.) que provocan la marchitez de la planta. El uso de la técnica de injerto contrarresta algunas enfermedades de la raíz causadas por hongos. El injerto es la variedad comercial que se fija al patrón, quien tiene la parte de los genes resistentes. La aplicación de estiércol es con el fin de reciclar toneladas de desechos orgánicos que se generan por las industrias ganaderas y disminuir el uso de fertilizantes químicos. Este abono orgánico aporta una fuente rica de nutrientes (García-Hernández *et al.*, 2010) de disponibilidad gradual que puedan ser absorbidos por la planta (Cantarero & Martínez, 2002). La técnica de solarización decrece enteropatógenos, fuente de patógenos de plantas, semillas de malas hierbas que habitan en el suelo. De esta manera, contribuir a la inocuidad de los alimentos que son esenciales para el consumo humano (Salazar *et al.*, 2010). El efecto del estiércol solarizado en el crecimiento y contenido de clorofila en plantas injertadas de chiles, fue el propósito de este estudio.



Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el invernadero de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el estado de Chihuahua. El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial de 3x2 con 9 repeticiones, tratamientos con plantas injertadas y no injertadas con tres sustratos distintos (estiércol solarizado, estiércol sin solarizar y suelo agrícola). El material vegetal utilizado para la producción de los patrones fueron semillas de Criollo Morelos 334 (CM-334) y para los injertos se utilizaron semillas de chile jalapeño variedad M (Jal- M). La siembra de las semillas de CM-334 fue en el mes de marzo y de Jal-M fue en el mes de abril. Se usó un sustrato de peatmoss para su germinación hasta que las plantas alcanzaron una altura entre los 10 y 15 cm. La técnica de injerto consistió de un corte a 45° en ambos tallos de los genotipos y se trasplantaron en los respectivos tratamientos de estiércol bovino con o sin solarizar. La dosis de estiércol bovino fue de 40 t/ha, y el control usó suelo agrícola (franco arenoso) de la región chilera. Las macetas de un galón contenían los tratamientos de estiércol mezclados con el suelo agrícola, donde se evaluaron la sincronización de los tallos, supervivencia de los injertos, efecto de los sustratos, la tasa de crecimiento y el contenido de clorofila en las hojas (SPAD, Minolta). Todos los datos fueron recopilados en una base de datos y se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) en el paquete estadístico Info-Stat versión 2013, realizando comparaciones de medias con la prueba de Fisher con una diferencia mínima significativa de 0.05.

Resultados y Discusión

Sincronización de diámetros de tallos y la supervivencia de los injertos

Las plantas de chile patrón CM-334 germinaron a los 22 días después de la siembra y las plantas de jalapeño germinaron a los 14 días después de sembrados. Generalmente la plántula del tipo de chile jalapeño, su crecimiento en grosor es más rápido que el patrón CM-334. Esto indicó que el 33% de las plántulas no coincidieron en el grosor de sus tallos. Sin embargo, fueron injertadas para observar la influencia en el éxito del injerto. Se puede asumir que el no éxito del 33% de la supervivencia, se consideraron como una pérdida de plántulas (Figura 1). El diámetro del tallo es un indicativo de cambios fisiológicos debido a las interacciones celulares entre dos genotipos (Kokalis-Burelle et al., 2009); sin embargo, los cambios en el diámetro dependen del genotipo por lo que la sincronización de los tallos repercute en el éxito de la técnica de injertos en especies vegetales.

Medición altura de la planta entre plantas injertadas y no injertadas.

El análisis de varianza (ANOVA) con un alfa de 0.05 indicó que para la variable crecimiento se obtuvo una diferencia poco significativa entre los tratamientos de control sin injerto con estiércol solarizado y no solarizado o aun con suelo agrícola (Figura 2). El mayor crecimiento fue observado para las plantas no injertadas con estiércol sin solarizar, seguido por las plantas sin injertar pero con estiércol solarizado. El sembrar al mismo tiempo dos genotipos diferentes, se traduce en una diferencia del crecimiento. Mientras las plántulas no injertadas siguen su curso sin interrupción de crecimiento, las plantas injertadas pierden al menos 15 días para unirse al patrón y ajustarse a las nuevas condiciones de ser dos individuos en un solo eje.

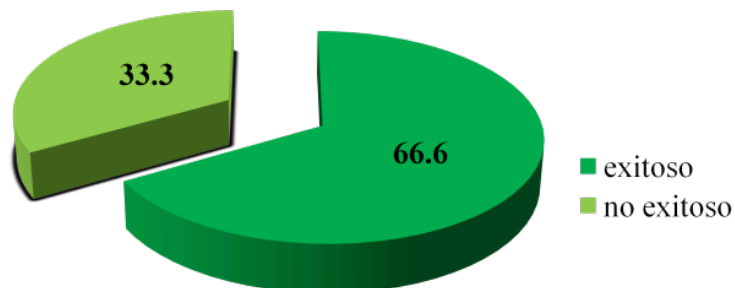


Figura 1. Porcentaje de supervivencia de las plantas de chile jalapeño variedad M injertadas en CM-334.

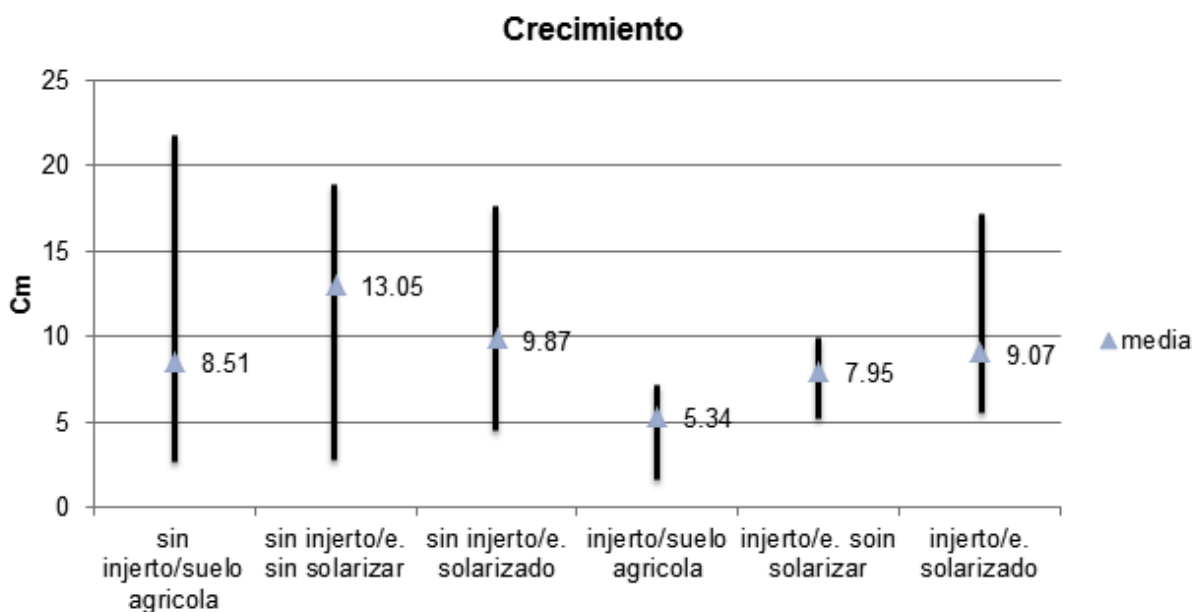


Figura 2. Análisis de varianza con un alfa de 0.05 de la variable de crecimiento de plantas entre las injertadas y no injertadas en diferentes sustratos.

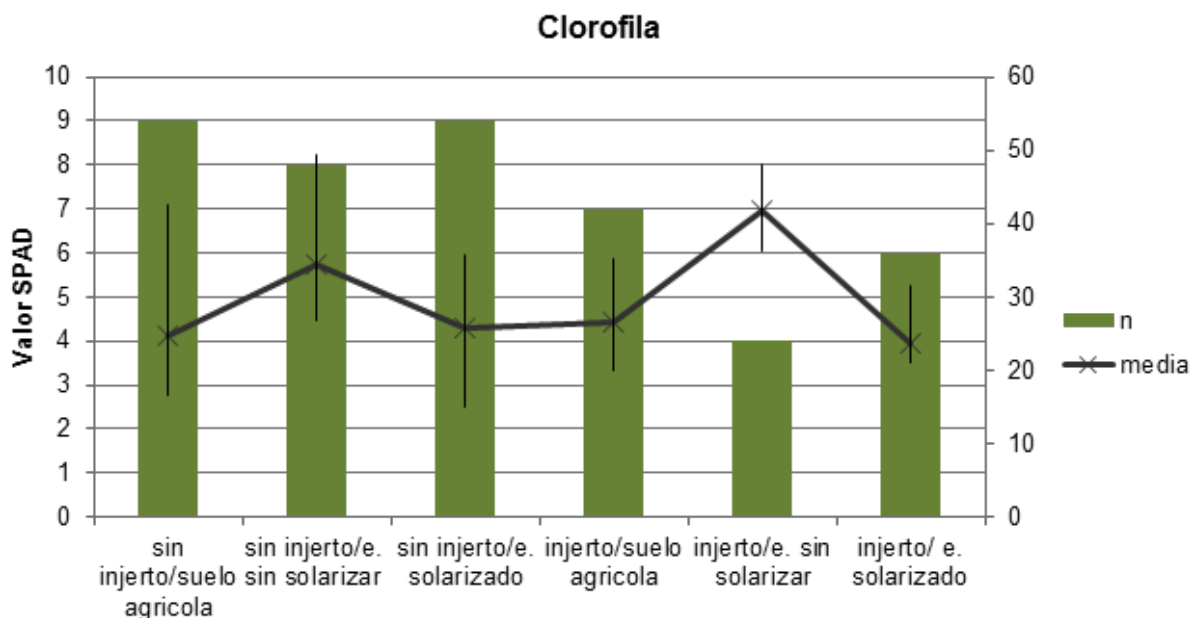


Figura 3. Contenido de clorofila de plántulas con o sin injerto del tipo de chile jalapeño conteniendo sustrato bovino con o sin solarizar

El sustrato sin solarizar en plantas con o sin injertar fueron superiores en contenido de clorofila comparado con el resto de los tratamientos ($P < 0.05$). El chile jalapeño no altero su contenido de clorofila a pesar de ser injertada. El sustrato no tuvo impacto en las variables de los componentes del rendimiento (Figura 3).

Conclusiones

Los tratamientos del estiércol no presentaron una diferencia muy marcada, por lo que se puede inferir que no importa si se utiliza estiércol solarizado o no solarizado en la producción de chile jalapeño. Sin embargo, las plantas injertadas cultivadas en estiércol bovino fue consistente el incremento del contenido de clorofila quizás como un indicador de la mineralización del nitrógeno y traslocado a las plantas. En futuros estudios, el injerto sigue siendo una buena alternativa para evadir el ataque de chile por marchitez y así continuar la producción de chile jalapeño en el noroeste de Chihuahua.

Bibliografía

- Cantarero, R. y Martínez, O. 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Variedad NB-6.
- García-Hernández, J., Salazar, E., Orona, I., Fortis, M. y Trejo, H. 2010. Agricultura orgánica, primera edición, Durango, México, ISBN: 978-607-00-3411-4
- Salazar, E., Idilio, H., Trejo, H., González, D., Fortis, M., Orona, I. y Vázquez, C. 2010. IX Simposium-taller nacional y II internacional de producción del nopal y maguey, edición especial No.5-2011; 12 y 13 de noviembre del 2010, Escobedo, N.L., México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011.



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
“Suelos sin fronteras para impulsar a México”



http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351 (Consultada el día 27/03/2013)
Kokalis-Burelle, N., M. G. Bausher, and E. N. Roskopf. 2009. Greenhouse evaluation of *Capsicum* rootstocks for management of *Meloidogine incognita* on grafted bell pepper. *Nematropica* 39: 121-132.





EVALUACIÓN DE MICORRIZAS NATIVAS Y COMERCIALES EN PLANTAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.), MAS LOMBRICOMPOSTA

Oscar Ávila Peralta¹, Rosalinda Mendoza Villarreal^{1*}, Antonio Cárdenas Flores²

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Depto, de Horticultura. Saltillo, Coahuila. México

²Centro de Investigaciones de Química Aplicada. Depto de Agroplásticos CIQA. Saltillo, Coahuila. México

* Autor responsable: Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo Coahuila. CP 25315, México
rosalindamendoza@hotmail.com Tel.8442544487

Resumen

Se evaluó el efecto de micorrizas nativas y comerciales con lombricomposta en contenedores de 5 kg de sustrato (1:3:6 suelo, arena, y peatmos) en plantas de tomate, con 9 tratamientos y 9 repeticiones cada uno (cuadro 1) con un total de 81 plantas. Se utilizó un diseño bloques completamente al azar. Se aplicó 1 gr de micorriza comercial (800 esporas/gr), y 100 gr de suelo con micorrizas nativas por planta de tomate para igualar la aplicación de 800 esporas del tratamiento comercial. En cuanto a las variables evaluadas se encontró significancia estadística en, peso seco de planta, peso seco de raíz diámetro de tallo. El porcentaje de micorrización también tuvo significancia estadística destacando la micorriza nativa 1 sola y la combinación de lombricomposta con las micorrizas nativas. La lombricomposta pura presentó un porcentaje de micorrización casi constante en los dos muestreos, pero no presenta porcentajes altos por tener diversidad de microorganismos y por una posible competencia entre ellos. Se concluye que con el uso de micorrizas nativas y la lombricomposta se incrementa el porcentaje de micorrización en los primeros 50 días en plantas de tomate. Var. Rio Grande y por lo menos mantiene constantes estos porcentajes de micorrización al final del ciclo del cultivar.

Palabras clave

Micorrizas, lombricomposta, tomate.

Introducción

Una nutrición adecuada no necesariamente puede lograrse con la aplicación de fertilizantes químicos, existe la posibilidad de usar alternativas como son los biofertilizantes como las micorrizas y la lombricomposta. (Manjarrez-Martínez, 2010). La función principal de la micorriza es facilitarle a la planta la adquisición y absorción de agua, fósforo y nitrógeno, además de mejorar las propiedades físicoquímicas del suelo mediante el enriquecimiento de materia orgánica y la formación de agregados por medio de la adhesión de partículas debida a una proteína exudada por el micelio, la glomalina, que mejora la estructura y estabilidad del suelo, reduciendo su erosión y su capacidad de retención de agua (Guadarrama *et al.*, 2004).



Por su parte la lombricomposta es una técnica que recupera energía de desechos orgánicos, permite disponer de nutrimentos para la planta. En este contexto las micorrizas y la lombricomposta pueden ser una alternativa de nutrición para plantas de tomate teniendo en cuenta que esta hortaliza presenta una demanda de consumo nutrimental muy alta. Por lo anterior el estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de micorrizas nativas y comerciales con lombricomposta en el desarrollo de plantas de tomate sobre los caracteres agronómicos.

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad saltillo, en un invernadero con ubicación latitud norte 25° 21' 19.26", latitud oeste 101° 01' 54.85" y con unas temperaturas y humedad relativa promedios de (máxima 21.7°C, mínima 10.1°C, humedad relativa 82.8 %) en contenedores de 5 kg de sustrato, con 9 tratamientos por 9 repeticiones cada uno (Cuadro 1) con un total de 81 plantas, para el tratamiento 8 se aplicó una solución nutritiva steiner completa, y para el tratamiento 9 una solución nutritiva steiner al 50% de fósforo, se utilizó bloques completamente al azar como diseño experimental. La aplicación de micorrizas comerciales fue de 1 gr (800 esporas/gr), para igualar la aplicación de micorriza comercial se cuantificaron las esporas nativas y se aplicó 100 gr de suelo (800 esporas) a cada planta de tomate. Se regó cada cuarto día buscando estresar un poco la planta para mejor grado de micorrización, se hizo la primera evaluación de micorrización a los 50 días después del transplante realizando un muestreo destructivo de la planta, las plantas se eligieron al azar, se obtuvo altura y diámetro de tallo al igual que pesos secos, el segundo muestreo se realizó a finalizar el ciclo de cultivo (120 días). Para la tinción de raíces se utilizó la metodología propuesta por (Phillips y Hayman, 1970), una vez teñidas las raíces se coetaron en porciones de 1 cm cada una para colocar 20 de estos en un portaobjetos con su respectivo cubreobjetos, realizándose 3 laminillas por planta para observarlas en un microscopio óptico, finalmente el cálculo de porcentaje de colonización de cada muestra se obtuvo con la fórmula: % de colonización = N_o . De campos infectados / N_o total de campos observados *100 (Sieverding, 1983). Los datos se sometieron a un análisis con diseño Bloques Completamente al azar Programa Estadístico SAS 2009.

Cuadro 1. Tratamientos del experimento realizado en invernadero con plantas de tomate. Var. Rio grande.

Tratamientos	% en el contenedor
MN1	10%suelo, 30%arena, 60%peatmos
MN2	10%suelo, 30%arena, 60%peatmos
MCendovit	10%suelo, 30%arena, 60%peatmos
L+MN1	10%suelo, 30%arena, 60%lombricomposta
L+MN2)	10%suelo, 30%arena, 60%lombricomposta
L+MCendovit	10%suelo, 30%arena, 60%lombricomposta
LP	Lombricomposta pura
Q100%	10%suelo, 30%arena, 60%peatmos
Q50%	10%suelo, 30%arena, 60%peatmos

MN1= Micorriza nativa 1. MN2= Micorriza nativa 2. MC= Micorriza comercial endovit. LMN1= Lombricomposta mas micorriza nativa 1, LMN2= Lombricomposta+Micorriza nativa 2, LMC= Lombricomposta +Micorriza comercial endovit, LP=. Lombricomposta pura, Q100%)=Químico con 100% de fósforo, Q50%= Químico con 50% de fósforo.



Resultados y Discusión

Altura de planta y diámetro de tallo

En el primer muestreo los mejores resultados (Cuadro 2) para altura de planta se lograron con los tratamientos químicos con 100 y 50 % de fósforo, la micorriza comercial (MC y LMC) con y sin lombricomposta, y en el segundo muestreo la MC, MN1 y MN2 combinadas con lombricomposta. Para diámetro de tallo los mejores fueron los químicos 100 y 50 % este último con plantas más vigorosas aunque estadísticamente iguales que la micorriza comercial, y la micorrizas nativas 1 y 2. Al respecto (Pérez. et al., 2012), reportan que los químicos tienen una alta solubilidad de elementos es por eso que las raíces de las plantas los traslocan muy rápido hacia ella, esto pudiera explicar el por qué los químicos en esta investigación se comportan mejor en los primeros 50 días comparados con las micorrizas solas y la combinación de estas con la lombricomposta, además agregan que los abonos orgánicos son diversos y esta diversidad microbiológica se encarga de ir solubilizando lentamente los nutrimentos por eso es que las plantas crecidas en sustratos orgánicos tienen un crecimiento lento, sin embargo para el segundo muestreo los crecimientos cambian totalmente, la combinación de lombricomposta con las micorrizas nativas y comerciales tienen las mejores alturas.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Altura de planta y diámetro de tallo en plantas de tomate. Var. Río grande, primeros 50 días y final del ciclo.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)
Q100	76.50 A	0.85 A	95.40 CB	0.97 BA
LMC	76.25 A	0.66 BC	107.0 A	0.87 BDC
MN2	75.75 A	0.77 BA	92.60 C	0.85 D
Q50	74.50 A	0.87 A	99.00 B	1 A
MC	74.00 A	0.80 A	86.20 D	0.86 DC
LMN1	67.00 B	0.65 C	107.40 A	0.94 BA
LP	65.25 B	0.77 BA	106.20 A	0.95 BA
MN1	61.75 BC	0.83 A	78.80 E	0.87 DC
LMN2	58.00 C	0.67 BC	108.00 A	0.95 BCA

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de tukey a una $p \leq 0.05$.

Peso seco de planta y raíz

En la prueba de comparación de medias para materia seca de plantas de tomate en el primer muestreo el químico con 100% fósforo presenta el mayor peso en los dos muestreos, en cuanto al peso seco de raíz en el primer muestreo la combinación de lombricomposta con las micorrizas nativas son las mejores con 5.15 y 5.10 gr seguido de los químicos (cuadro 3), sin embargo para el segundo muestreo el químico al 100 % es el que tiene mejor materia seca y es seguido por las lombricompostas combinadas con micorrizas comercial (cuadro 3). Al respecto, (Jodice y Nappi ,1987) mencionaron que la lombricomposta contiene y provee a la planta elementos minerales poco móviles en el suelo cuya absorción puede aumentarse con la micorriza arbuscular, que afecta positivamente la absorción de los nutrimentos proporcionados



por la lombricomposta; en este sentido, el efecto es mayor que cuando se utilizan por separado.

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) en Peso seco de planta y raíz primeros, 50 días y final del ciclo en plantas de tomate. Var. Rio grande.

Tratamiento	PSP (gr)	PSP (gr)	PSR (gr)	PSR (gr)
Q100	37.90 A	47.58 A	4.47 BA	22.62 A
Q50	33.70 B	40.00 B	4.92 BA	16.20 E
MN1	21.62 C	24.80 D	3.05 D	14.42 F
MC	19.77 D	18.54 E	3.32 DC	10.62 H
LMC	19.55 D	31.24 C	5.07 BA	19.76 B
LP	18.92 D	42.06 B	4.15 BC	17.86 D
LMN2	17.72 E	30.68 C	5.15 A	18.84 C
LMN1	17.32 E	24.92 D	5.10 A	16.40 E
MN2	15.75 F	22.64 D	3.50 DC	13.16 G

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de tukey a una $p \leq 0.05$. PSP. Peso seco de planta. PSR. Peso seco de raíz.

Colonización micorrízica

En la Figura 1, primer muestreo (primeros 50 días) para la colonización micorrízica, la mejor colonización es para los tratamientos micorriza nativa 1 (MN1), micorriza nativa 1 más lombricomposta (LMN1) y micorriza comercial (MC) aunque los dos primeros son estadísticamente iguales, con más de 40 % de micorrización, y la lombricomposta provoca un 17 % de micorrización, al respecto (Pérez, 2012), menciona que los abonos orgánicos en general presentan diversidad de microorganismos, y que la lombricomposta puede desarrollar micorrizas dependiendo del manejo y su manifestación está en función del tipo de raíz y los exudados que pueda adquirir el hongo. En el segundo muestreo el tratamiento con mayor porcentaje de micorrización lo presenta el tratamiento LMN1 (Figura 1), la lombricomposta pura incremento en 6% su micorrización a la del primer muestreo comparado con los mejores tratamientos sigue siendo un porcentaje bajo pero por lo menos la micorrización se mantiene, mas sin embargo es de subrayar que las combinaciones de micorrizas nativas con la lombricomposta son las que presentan las mejores colonizaciones seguidas de las micorrizas solas respecto a esto (Jodice y Nappi, 1987), observaron que las sustancias de los abonos orgánicos tienen influencia benéfica sobre el número y funciones de los hongos micorrízicos arbusculares; la aplicación de sustancias húmicas favorece el establecimiento y la funcionalidad de estas simbiosis, en cambio al aplicar altas cantidades de materia orgánica, la efectividad de los hongos micorrízicos arbusculares disminuye e incluso afecta también el crecimiento de las plantas (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 1995).

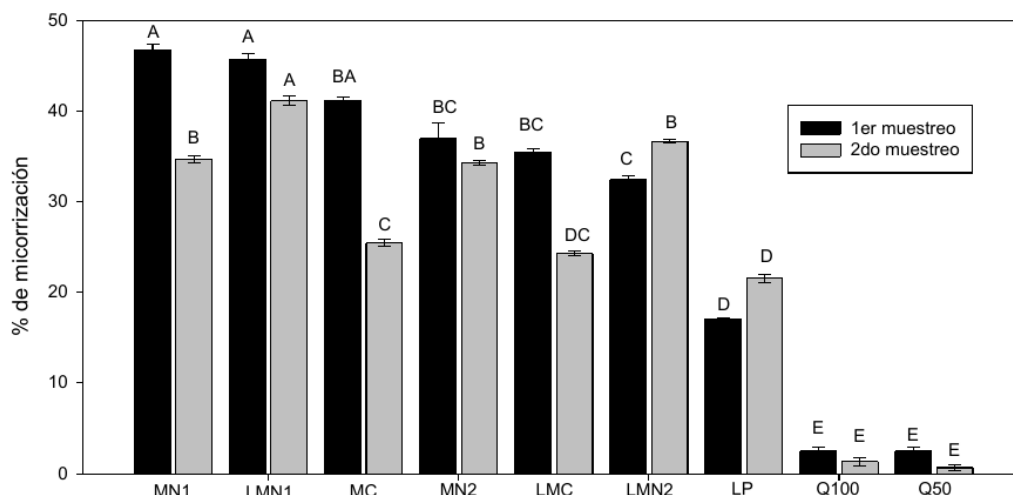


Figura 1. Porcentaje de micorrización en Plantas de tomate. Var. Rio grande, primer muestreo.
MN1. Micorriza Nativa 1. LMN1. Lombricomposta mas micorriza nativa 1. MC. Micorriza comercial endovit. MN2. Micorriza nativa 2.
LMC. Lombricomposta mas micorriza comercial endovit. LMN2. Lombricomposta mas micorriza nativa 2. LP. Lombricomposta pura. Q100. Químico 100 %. Químico 50% en P.

Conclusiones

De acuerdo a esta investigación el uso de micorrizas nativas y la lombricomposta incrementan el porcentaje de micorrización en los primeros 50 días en plantas de tomate. Var. Rio Grande y por lo menos mantiene constantes estos porcentajes de micorrización al final del ciclo.

Bibliografía

- Alarcón, A. y R. Ferrera-Cerrato. 1995. Niveles de vermicomposta y micorriza arbuscular, en el desarrollo de plántulas de Casuarina equisetifolia a nivel de vivero. pp. 84. In: Memorias de la 1 Reunión Internacional de Ecología Microbiana. CINVESTAV- IPN. Distrito Federal, México.
- Guadarrama-Chávez P., Sánchez-Gallén I., Álvarez-Sánchez J. y Ramos-Zapata J. 2004. Hongos y plantas: beneficios a diferentes escalas en micorrizas arbusculares. Ciencias, 73: 38-45.
- Jodice, R. y P. Nappi. 1987. Microbial aspects of compost application in relation to mycorrhizae and nitrogen fixing microorganisms. pp. 115-125. In: M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L. Hermite y F. Zucchini (eds.). Compost: production, quality and use. Els. Appl. Sci. Italy.
- Manjarrez-Martínez J. 2010. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. Terra. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México 40-50 pp.
- Pérez. I. J. 2012. Evaluación de la adición de vermicomposta y hongos micorrízicos en el crecimiento de plántulas de limón. Tesis de maestría. IPN. 64-75 pp.
- Phillips, D. M y Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc., vol. 55, p. 158-161.
- Sieverding, E. 1983. Manual de Métodos para la investigación de la micorriza vesículo – arbuscular en el laboratorio. Ciat. Palmira – Cali, Colombia. p. 120.





LA PROPORCIÓN ESTEQUIOMÉTRICA N:P EN MANZANO

Blanco-Macías, F.^{1*}, Valdez-Cepeda, R.D.¹, Llamas-Llamas, J.J.², Márquez-Madrid, M.¹, Magallanes-Quintanar, R.³, Méndez-Gallegos, S. de J.⁴

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac., México.

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Agronomía. Zacatecas, Zac., México.

³Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Zacatecas, Zac., México.

⁴Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, SLP., México.

*Blanco-Macías, F. fiblama63@hotmail.com; Calle Cruz del Sur Núm. 100, Col. Constelación, El Orito, Zacatecas, Zac. México. CP 98085; Tel. +52(492)-924-6147

Resumen

Los nutrientes se constituyen como factores limitantes de la producción en una amplia gama de agrosistemas. La proporción N:P puede ser usada para investigar como la disponibilidad relativa de N y P influye sobre varios procesos ecológicos y como es afectada por impactos humanos y de manejo. el objetivo del presente informe de investigación fue analizar el rendimiento, las concentraciones de N y P, así como la proporción N:P, desde un punto de vista estequiométrico, por efecto de las aplicaciones de MicroSoil® (como fuente de RPCV) al follaje y las flores de árboles de manzano variedades 'Starkrimson' y 'Smoother Golden', establecidos en Rancho Nuevo, Zacatecas sobre la composición de las hojas y la producción de fruto. La proporción estequiométrica N:P puede ser útil para identificar desbalances nutrimentales en manzano. En la huerta experimental, el rango de la proporción N:P fue de 8 a 25. Es decir, hubo especímenes cuyos rendimientos fueron limitados por N o P, dado que presentaron valores de N:P > 16 (P es limitante), otros presentaron N:P < 14 (N es limitante), mientras unos pocos tuvieron valores entre 14 y 16 (N y P son co-limitantes).

Palabras clave

Nutriente limitante; Rendimiento; Desorden nutrimental

Introducción

La superficie dedicada al cultivo del manzano en México es de 66,400 ha. Esta área representa el 6% de la superficie total ocupada por todas las especies frutícolas (SAGARPA, 2002). El estado de Zacatecas tiene un potencial para el cultivo del manzano en 8,000 ha (Llamas-Llamas *et al.*, s/f). Sin embargo, solo se cultivan 1,200 ha debido a que los últimos inviernos han sido cálidos e irregulares de manera que han provocado desequilibrios fisiológicos (que inducen brotación tardía, escasa e irregular, mayor sensibilidad al ataque de plagas y enfermedades y reducción del rendimiento) en los árboles de las variedades 'Golden' y 'Red Delicious' (Llamas-Llamas *et al.*, s/f), lo cual ha conllevado a que la superficie cultivada haya disminuido notablemente desde más de 2 000 ha en 1985. Muchos factores, como los nutrientes, se constituyen como factores limitantes de la producción en una amplia gama de agrosistemas. En particular, los problemas de desórdenes nutrimentales por deficiencias y excesos han sido resueltos con la implementación de prácticas de manejo como la fertilización. Por ello, ha sido preciso el desarrollo de tecnología y la estimación de los requerimientos



nutrimentales a nivel local o regional. En otras palabras, además de los elementos minerales esenciales aplicados por medio de fertilizantes químicos, hay otros factores estimulantes del crecimiento de los vegetales amigables con el ambiente en condiciones específicas (Wojcik y Klambowski, 2004). Uno de ellos está asociado al uso de biofertilizantes que contienen microorganismos benéficos en lugar de productos químicos sintéticos, pues con ellos se mejora el crecimiento de las plantas ya que coadyuvan a mantener un ambiente sano y la productividad del suelo (O'Connell, 1992). Algunos microorganismos benéficos asociados con la rizósfera de las plantas son bacterias y han sido denominadas Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV). Entre ellas se han identificado cepas de los géneros *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Rhizobium* and *Serratia* (Sturz y Nowak, 2000; Sudhakar *et al.*, 2000). Estas bacterias son consideradas RPCV y agentes con potenciales para el control biológico de una amplia gama de bacterias y hongos patógenos que causan problemas de importancia económica en la agricultura (Cuppels, 1999; Cakmakci, 2001; Esitken *et al.*, 2002; Esitken *et al.*, 2003). En un gran número de estudios se ha demostrado el mejoramiento del crecimiento y el desarrollo de los vegetales, mediante la producción de reguladores del crecimiento como posible mecanismo, en respuesta a la inoculación de raíces o semillas con RPCV (Zahir *et al.*, 2004). Pirlak *et al.* (2007) han sugerido que *Pseudomonas putida* BA-8 y *Bacillus subtilis* (sinónimo de *Paenibacillus macerans*) OSU-142 por si solas o en combinación, aplicadas al follaje y flores, tienen el potencial de incrementar el rendimiento, el crecimiento y las concentraciones foliares de N y K en árboles de manzano 'Starkrimson' y de N y P en aquellos de 'Granny Smith', establecidos en una huerta experimental en Karaman, Turquía. Desde un enfoque estequiométrico, la proporción N:P puede ser usada para investigar como la disponibilidad relativa de N y P influye sobre varios procesos ecológicos y como es afectada por impactos humanos y de manejo (Güsewell *et al.*, 2003). La proporción N:P se correlaciona, de manera frecuente, negativamente con la producción de biomasa (Güsewell, 2004). Los valores de N:P reflejan la disponibilidad relativa de N y P y pueden indicar el nivel de deficiencia de N o P experimentada por las plantas; en ocasiones son mas confiables que los experimentos de fertilización (Güsewell *et al.*, 2003). Valores de N:P > 16 indican que el P es limitante, < 14 indican que el N es limitante, mientras que entre 14 y 16 indican que N y P son co-limitantes (Koerselman *et al.*, 1996; Güsewell, 2004). Por lo tanto, el objetivo del presente informe de investigación fue analizar el rendimiento, las concentraciones de N y P, así como la proporción N:P, desde un punto de vista estequiométrico, por efecto de las aplicaciones de MicroSoil® (como fuente de RPCV) al follaje y las flores de árboles de manzano variedades 'Starkrimson' y 'Smoother Golden', establecidos en Rancho Nuevo, Zacatecas sobre la composición de las hojas y la producción de fruto.

Materiales y Métodos

Cepas bacterianas, condiciones de cultivo, medio y tratamientos

El producto comercial (MicroSoil®) se evaluó en un experimento como fuente de bacterias. En sí, dicho producto contiene *Azotobacter vinlandii*, *Clostridium pasteurianum*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Rhodococcus*, *Azospirillum*, *Arthrobacter* y *Rhodobacter*. La suspensión bacteriana se diluyó en agua destilada estéril para obtener 3 dosis diferentes: 250 mL en 25 L de agua, 312.5 mL en 25 L de agua y 417 mL en 25 L de agua. El experimento se estableció en una huerta de Rancho Nuevo, Zacatecas, en árboles de 6 a 10 años de edad.



(2010). El espaciamiento entre hileras fue de 4.5 m, mientras que entre árboles fue de 2.6 m. En el primer año, 48 árboles de cada una de las variedades ‘Starkrimson’ y ‘Smoother Golden’ fueron seleccionados. En cada variedad se aplicaron las 4 dosis en 4 bloques completos al azar. Cada dosis se aplicó en tres árboles por variedad; de esta manera: 4 dosis X 4 repeticiones X 3 árboles = 48 árboles por variedad; entonces se consideraron 96 árboles en total (ver a los tratamientos en Cuadro 1). La aplicación de la dosis testigo o control (T1) consistió en rociar los árboles con agua estéril. La aplicación de las otras dosis consistió rociar la suspensión diluida en la etapa de plena floración y a los 30 y 60 días después de plena floración, durante 2010, 2011, 2012 y 2013. Las prácticas riego y control de plagas y enfermedades fueron realizadas por el productor cooperante. Cabe señalar que el control fitosanitario integral del cultivo está basado en la prevención y manejo del agente causal de la pudrición del cuello (*P. cactorum*) de los árboles, mediante el uso de patrones tolerantes (‘MM109’) y la aplicación de fungicidas elaborados a base de hongos antagonistas *Trichoderma harzianum*. La prevención de daños a la raíz de los árboles, causados por pulgón lanífero, *E. lanigerum*, se ha llevado a cabo mediante el uso de patrones tolerantes (‘MM109’, ‘MM106’ y ‘MM111’) y el bioinsecticida Bio-Metha, elaborado con base al hongo entomopatógeno, *Metharhizium anisopliae*. Los efectos de la aplicación de cantidades diferentes de RPCV se evaluaron al considerar los rendimientos, el peso promedio de frutos, contenido de sólidos solubles totales (SST o °Brix). También se cuantificó el efecto de los tratamientos con bacterias al contemplar la concentración de los elementos nutrimentales en las hojas. Este último aspecto es el considerado en el presente informe.

Cuadro 1. Matriz de tratamientos del experimento.

Tratamiento	Variedad	Dosis (cantidad de suspensión con RPCV)
1	Starkrimson	Sin RPCV
2	Starkrimson	250 mL en 25 L agua
3	Starkrimson	312.5 mL en 25 L agua
4	Starkrimson	417 mL en 25 L agua
5	Smoother	Sin RPCV
6	Smoother	250 mL en 25 L agua
7	Smoother	312.5 mL en 25 L agua
8	Smoother	417 mL en 25 L agua

Análisis de Follaje

Hojas completamente desarrolladas de la parte media de la copa de cada uno de los 96 árboles fueron muestreadas a mediados julio en todos los años de estudio (2010, 2011, 2012 y 2013). Con el fin de determinar el contenido mineral en las hojas, las muestras fueron secadas en estufa a 68°C durante 48 horas y, posteriormente, molidas. El procedimiento micro-Kjeldahl se usó para la determinación de N (AOAC, 1990). En las digestiones diluidas, el P se midió por espectrofotometría al usar el método del azul de indofenol, después de la reacción con ácido ascórbico (AOAC, 1990).

Análisis de datos



Los datos de los 4 años de estudio con respecto a rendimiento, así como de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y la relación nutricional N:P fueron analizados desde un punto de vista estequiométrico en forma gráfica. En otras palabras, en este informe preliminar no se plantea considerar los efectos de los tratamientos ni las diferencias entre variedades. Para ello, los datos se capturaron y procesaron en Excel.

Resultados y Discusión

El rendimiento se correlacionó de manera positiva con el N y negativa con el P. Inclusive, el rendimiento dependió significativamente de dichos nutrientes (Figura 1). Dicha dependencia implica que tanto el N como el P pudieron presentar efectos limitativos sobre el rendimiento en algunos de los árboles experimentales. El rango de la proporción N:P fue de 8 a 25 (Figura 2). Tal intervalo corrobora lo señalado en el contexto de que hubo especímenes cuyos rendimientos fueron limitados por N o P. De manera que desde un punto de vista estequiométrico se presentaron valores de N:P > 16 los cuales indican que el P es limitante; los < 14 indican que el N es limitante; mientras que aquellos valores entre 14 y 16 indican que N y P son co-limitantes, según lo consignado por Koerselman et al. (1996) y Gusewell (2004). La proporción N:P estimada (23.08) al considerar las concentraciones máximas de N (3.14%) y P (0.136%) evidenciadas corresponde al valor de N:P máximo. Dicho valor es > a 16, de manera tal que se puede interpretar como un caso en el que el P es limitante, aunque no fue la observación a la que se asocia la concentración de P menor; sin embargo, a dicha observación se asocia el rendimiento mayor (42 ton/ha). También, a esta observación no corresponde la concentración de N mayor. Así, entonces, los resultados sugieren que puede haber un valor de la proporción N:P óptima a la cual se pueden asociar rendimientos grandes. Además, sugieren la posibilidad de concentraciones de N y P que se relacionan con concentraciones excesivas de N y P que conlleven a valores de N:P, mayores o menores, respectivamente, a 16.

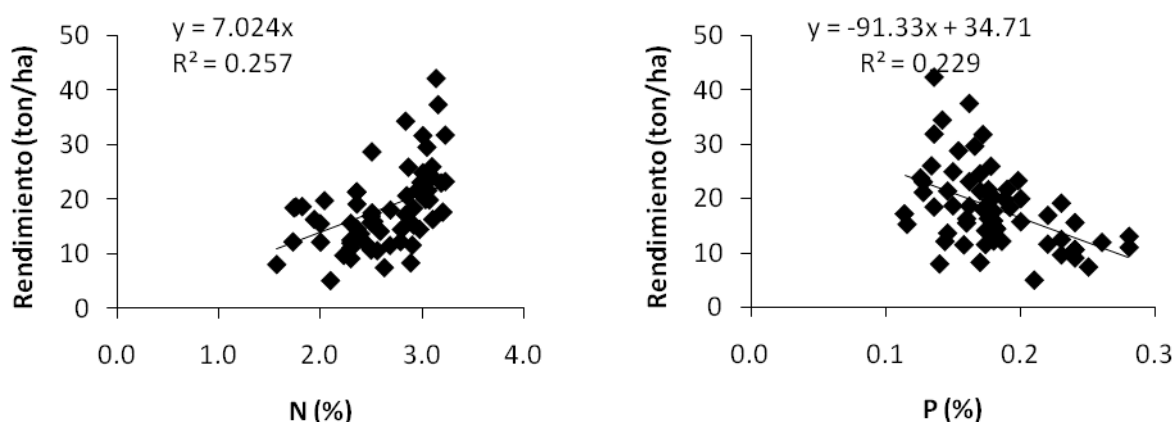


Figura 1. El rendimiento de manzana en función de la concentración de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) en hojas.

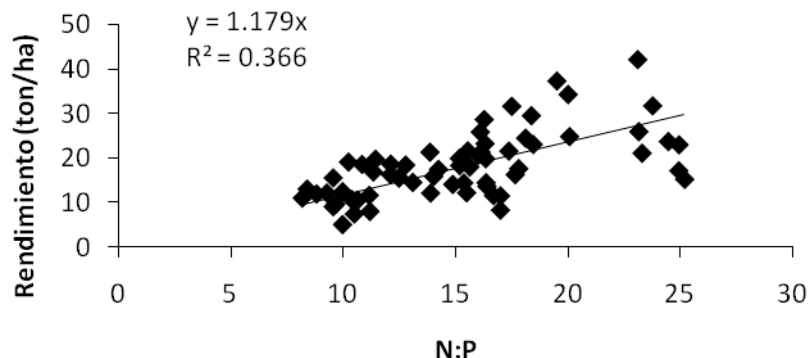


Figura 2. El rendimiento de manzana en función de la proporción Nitrógeno:Fósforo (N:P) en hojas.

Conclusiones

La proporción estequiométrica N:P puede ser útil para identificar desbalances nutrimentales en manzano. En la huerta experimental establecida en Rancho Nuevo, Zacatecas, el rango de la proporción N:P fue de 8 a 25. Es decir, hubo especímenes cuyos rendimientos fueron limitados por N o P, dado que presentaron valores de N:P > 16 (P es limitante), otros presentaron N:P < 14 (N es limitante), mientras unos pocos tuvieron valores entre 14 y 16 (N y P son co-limitantes).

Agradecimientos

Al Instituto de Horticultura y la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo por el financiamiento del proyecto del que se derivó éste informe.

Bibliografía

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Copper catalyst Kjeldahl method. p. 15. In: K. Helrich (Ed.). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th edition AOAC. Arlington, VA, USA.
- Cakmakci, R., F. Kantar and F. Sahin. 2001. Effect of N₂-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164: 527–531.
- Cuppels, D., F. Sahin and S.A. Miller. 1999. Management of bacterial spot of tomato and pepper using a plant resistance activator in combination with microbial biocontrol agents. *Phytopathology* 89: 19.
- Esitken, A., H. Karlidag, S. Ercisli, M. Turan and F. Sahin. 2003. The effect of spraying a growth promoting bacterium on the yield, growth and nutrient element composition of leaves of apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Hacıhaliloglu). *Aust. J. Agric. Res.* 54: 377–380.
- Esitken, A., H. Karlidag, S. Ercisli and F. Sahin. 2002. Effects of foliar application of *Bacillus subtilis* Osu-142 on the yield, growth and control of shot-hole disease (*Coryneum* blight) of apricot. *Gartenbauwissenschaft* 67: 139–142.
- Güsewell, S. 2004. N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. *New Phytologist* 164: 243–266.
- Güsewell, S., Koerselman, W. and Verhoeven, J.T.A. 2003. Biomass N:P ratios as indicators of nutrient limitation for plant populations in wetlands. *Ecological Applications* 13: 372–384.
- Koerselman, W. & Meuleman, A.F.M. 1996. The vegetation N:P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. *J. Applied Ecology* 33: 1441–1450.
- He, J.-S., L. Wang, D.F.B. Flynn, X. Wang, W. Ma and J. Fang. 2008. Leaf nitrogen:phosphorus stoichiometry across Chinese grassland biomes. *Oecologia* 155: 301–310.



- Llamas-Llamas, J.J., J.J. Avelar-Mejía, A. Lara-Herrera, J.O. Cortés-Bañuelos y M.A. Salas-Luévano. s/f. Evaluación de variedades de manzano con bajos requerimientos de frío invernal. Universidad Autónoma de Zacatecas-Unidad Académica de Agronomía. Zacatecas, Zac., México. 6 p.
<http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/viijornadasdeinvestigacion/mesa9/Evaluaci%F3n%20de%20variedades%20de%20manzano.pdf>.
- O'Connell, P.F. 1992. Sustainable agriculture—a valid alternative. *Outlook on Agric.* 21: 5–12.
- Pirlak, L., M. Turan, F. Sahin and A. Esitken. 2007. Floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) to apples increases yield, growth, and nutrient element contents of leaves. *J. Sustainable Agriculture* 30(4): 145–155.
- SAGARPA. 2002. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- Sturz, A.V. and J. Nowak. 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Applied Soil Ecol.* 15: 183–190.
- Sudhakar, P., G.N. Chattopadhyay, S. K. Gangwar and J.K. Ghosh. 2000. Effect of foliar application of *Azotobacter*, *Azospirillum*, and *Beijerinckia* on leaf yield and quality of mulberry (*Morus alba*). *J. Agr. Sci.* 134: 227–234.
- Wojcik, P. and K. Klambowski. 2004. 'Szampion' apple trees response to foliar Titanium application. *J. Plant Nutr.* 27(11): 2033–2046.
- Zahir, A.Z., M. Arshad and W.T. Frankenberger, Jr. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. *Adv. Agron.* 81: 97–168.





EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A SALINIDAD DE GENOTIPOS DENOGAL PECANERO [*Carya illinoensis* (Wangeh) K. Koch]

Campos-Villarreal, A.^{1*}; Arreola-Ávila, J.²; Trejo-Calzada, R.³; Cueto-Wong, J.⁴; Hernández-Salgado, R.⁵

¹Universidad Autónoma Chapingo– URUZA. Bermejillo, Durango. México

²Universidad Autónoma Chapingo– URUZA. Bermejillo, Durango. México

³Universidad Autónoma Chapingo– URUZA. Bermejillo, Durango. México

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias– CENID RASPA. Gómez Palacio, Durango. México.

⁵Universidad Autónoma Chapingo – URUZA. Bermejillo, Durango. México

*Autor responsable: alondrisima@hotmail.com; Km.40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua, Bermejillo, Durango. México. CP. 35230; Tel. (872) 7760160 y 7760190

Resumen

En las zonas áridas, la salinidad es un factor que afecta el cultivo del nogal *Carya illinoensis*. Consecuentemente es necesario evaluar materiales criollos, para su potencial uso como portainjertos tolerantes para resolver este problema. El objetivo del presente estudio fue evaluar la tolerancia a diferentes gradientes de salinidad en varios genotipos de nogal pecanero. Se aplicaron tratamientos con NaCl en agua de riego a concentraciones equivalentes a 0.08, 2.5, 3.0 y 3.5 dS m⁻¹. Se evaluaron variables morfométricas y fisiológicas durante 5 semanas; así como el contenido de iones acumulados en raíz, tallo y hoja, una vez que las plantas mostraron signos de intoxicación en la etapa final. La conductancia estomática y fotosíntesis fueron afectadas significativamente por los tratamientos, así como la concentración de Na⁺ y Cl⁻ en los tejidos de los genotipos. La concentración de Na⁺ y Cl⁻ en raíz, tallo y hoja fue variable en los diferentes tratamientos y genotipos evaluados. No obstante la menor concentración de Na⁺ en hoja se encontró en los genotipos Apache y SVA2. Los resultados en este estudio indican que existen materiales criollos con potencial para utilizarse como portainjertos en áreas con problemas moderados de sales en México.

Palabras clave:

Salinidad, fotosíntesis, portainjerto, materiales criollos.

Introducción

En los suelos del norte de México donde se cultiva el nogal pecanero, la salinidad se ha incrementado considerablemente como resultado de la sequía recurrente, la sobreexplotación del acuífero, las prácticas relacionadas con fertilización y la calidad del agua de riego (Tarango y Chávez, 2011). Este factor limita la productividad agrícola en México, en donde, de 29.3 millones de hectáreas utilizadas para esta actividad 500,000 son improductivas a causa de la elevada concentración de sales (Martínez *et al.*, 2011). Siendo uno de los agentes salinizadores de mayor relevancia el cloruro de sodio (Fan *et al.*, 1993). Conviene tener en cuenta que el nogal pecanero es una especie muy sensible a la salinidad, particularmente a los iones cloruro y sodio (Miyamoto *et al.*, 1985), teniendo un umbral de regadío en el intervalo de



2 a 3 dSm⁻¹ cuando se mide en el extracto de saturación del suelo. Para la mayoría de las plantas, incluyendo las de importancia agrícola, la presencia de sal disminuye la absorción de agua y de los nutrientes importantes del suelo, y una vez acumulado dentro de la planta, el sodio es tóxico para una variedad de procesos metabólicos, incluyendo enzimas que participan en la fotosíntesis (Barkla *et al.*, 2007). En las huertas comerciales de nogal los árboles se forman con un portainjerto franco, proveniente de una semilla de polinización abierta y del injerto con una variedad mejorada o seleccionada; dicho tipo de patrón le aporta a las nogaleras una amplia variabilidad inherente. De manera particular, la productividad de una huerta depende directamente del potencial productivo de la variedad en cada ambiente; así, de la selección de la variedad que exhiba la mejor adaptabilidad en cada región climática permite el mayor crecimiento y producción con un menor aporte de insumos (Sparks, 1977). Por lo que la búsqueda de portainjertos de nogal pecanero tolerantes a salinidad constituye una alternativa recomendable, para lograr una explotación redituable de esta especie en zonas con suelos afectados por salinidad. El estudio de parámetros indicadores de tolerancia a la salinidad, en la germinación o etapas iniciales de desarrollo, es importante, ya que en estas etapas las plántulas manifiestan su mayor sensibilidad a tal fenómeno (Martínez, 2011).

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas ubicada en Bermejillo, Dgo. (25° 53' 38.93" latitud norte y 103° 36' 01.09" longitud a 1115 msnm), en las áreas de invernadero y laboratorio. Se realizaron análisis de suelo y agua previos a la aplicación de los tratamientos. Los análisis de interés en suelo fueron la conductividad eléctrica con un valor de .23 dS m⁻¹, y se obtuvo un valor de 200 ppm de Na⁺ y 80 ppm de Cl⁻. En Agua la CE fue de .08 dS m⁻¹, con 1 ppm de Na⁺ y 0 ppm de Cl⁻. Se estableció un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo de tratamientos factorial de 4x4 (16 tratamientos) con cuatro repeticiones. Donde los genotipos (variedades Apache, Riverside y materiales criollos SVA1 y SVA2), son el primer factor de naturaleza cualitativa y el segundo factor con niveles cuantitativos fue la cantidad de NaCl aplicada en los tratamientos (0.08, 2.5, 3 y 3.5 dS m⁻¹) (Steel y Torrie, 1960). A la par de los riegos con los tratamientos, se midió la altura de planta, el índice de contenido relativo de clorofila con el medidor de clorofila por reflectancia Fields cout Spectrum Technologies CM 1000, así como fotosíntesis y conductancia estomática con el medidor portátil de fotosíntesis IRGA LI-6400®. Una vez que las plantas mostraron síntomas severos causados por las sales (1 mes de aplicación de tratamientos), éstas se recolectaron. Se separó las raíces, tallos y hojas de cada planta, para posteriormente realizar los análisis de contenido de iones. Para la determinación de Na⁺, se hizo una digestión por vía húmeda, con una mezcla Nítrico-Perclórica, y posteriormente se realizaron las lecturas en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer modelo AANALYST 200. Para la determinación de cloruros se tomaron 0.25 g de la muestra vegetal y se le añadieron 0.06 g de óxido de calcio, esto se mezcló y se digesto en la mufla a 550°C. El residuo se recuperó con agua caliente, se filtró y se aforó a 250 ml. Se determinó la concentración de Cl⁻ con el microprocesador meter Hanna Instrument modelo PH211 usando un electrodo combinado de cloruros Hanna Instrument HI 4117. Se analizaron los datos mediante el paquete estadístico SAS 9.0 usando el procedimiento GLM, considerando el modelo factorial 4X4 ya mencionado (SAS, 2002). Se realizó un análisis de varianza en el cual se incluyeron efectos fijos como variedad, salinidad y fechas. La comparación de medias



de los diferentes factores fue realizada mediante la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (Steel y Torrie, 1960).

Resultados y discusiones

Variables morfométricas y fisiológicas

Altura de planta. Las concentraciones de NaCl evaluadas en este estudio no afectaron la altura de planta de los genotipos. No obstante se observó una tendencia hacia el decremento de esta variable en la variedad Apache, aunque el comportamiento fue estadísticamente similar en las tres concentraciones consideradas (Figura 1). Delane *et al.*, (1982) y Weimberg *et al.*, (1984), mencionan que el estrés salino puede manifestarse de diferentes maneras, encontrando que el crecimiento vegetativo de la parte aérea es a menudo más sensible a la salinidad. No obstante esta consideración, la respuesta en altura de planta a las concentraciones de NaCl, no fue significativa en este estudio, debido posiblemente al periodo de duración del mismo.

Índice de contenido relativo de Clorofila. Esta variable tuvo una tendencia a disminuir en relación con las mayores cantidades de sales aplicadas en los tratamientos en todas las variedades (Figura 2), sin embargo, no hay diferencias en la mayoría de los tratamientos. Según Martínez (2011) y Parida y Dass (2004) la salinidad provoca afectaciones en la concentración de pigmentos, las cuales se deben a la destrucción de los cloroplastos, por consiguiente se ve afectada la producción de clorofilas. Como se observa en la Figura 2 el material criollo SVA2 tuvo medias de comportamiento más estable en todas las concentraciones de NaCl de los tratamientos, lo que puede indicar que este material criollo no se ve afectado tan gravemente por el NaCl.

Fotosíntesis. La tasa fotosintética en los genotipos Riverside y SVA2 no fue significativamente afectada por las diferentes concentraciones de NaCl en relación a las plantas testigo (Figura 3). No obstante se observó una tendencia hacia la disminución de esta variable conforme la concentración de NaCl en los tratamientos aumentó de 0 a 3 dS m⁻¹. Esto según Miyamoto (2008) es porque el nogal es un árbol clasificado como sensible a salinidad, logrando un crecimiento con agua de riego con una conductividad menor a los 3 dS m⁻¹. En los genotipos Apache y SVA1 la fotosíntesis disminuyó considerablemente cuando la conductividad aumentó a 3 y 3.5 dS m⁻¹ respectivamente, en relación al testigo.

Conductancia Estomática. La conductancia estomática de los genotipos Apache y SVA2 no fue significativamente afectada (Figura 4). En los genotipos Riverside y SVA 1 la conductancia estomática disminuyó considerablemente cuando la conductividad aumentó a 3 y 3.5 dS m⁻¹ respectivamente, en relación al testigo. Leidi y Pardo (2002) indican que la salinidad afecta procesos como la fotosíntesis y la conductancia estomática, ya que las plantas disminuyen éstos como una respuesta inmediata al estrés salino.

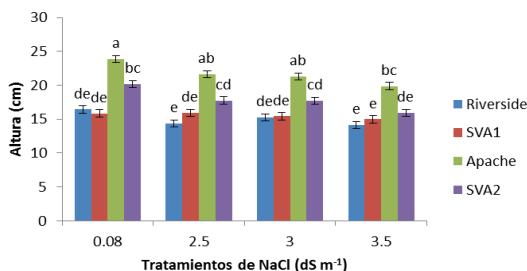


Figura 1. Comportamiento de la altura de planta para cada genotipo en las diferentes concentraciones de NaCl. Medias entre tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey $\alpha=0.05$). Barras verticales indican error estándar.

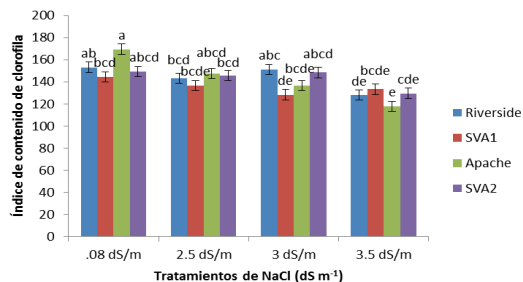


Figura 2. Comportamiento del Índice de contenido de clorofila de cada genotipo de nogal pecanero en las diferentes concentraciones de NaCl. Medias entre tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey $\alpha=0.05$). Barras verticales indican error estándar.

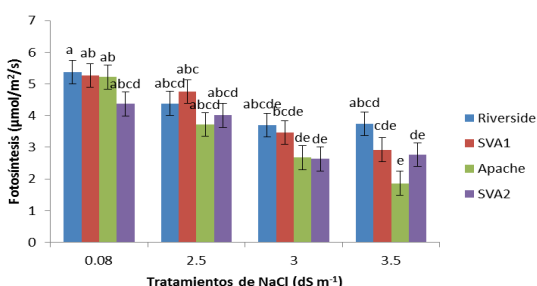


Figura 3. Comportamiento de la fotosíntesis de cada genotipo de nogal pecanero en las diferentes concentraciones de NaCl. Medias entre tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey $\alpha=0.05$). Barras verticales indican error estándar.

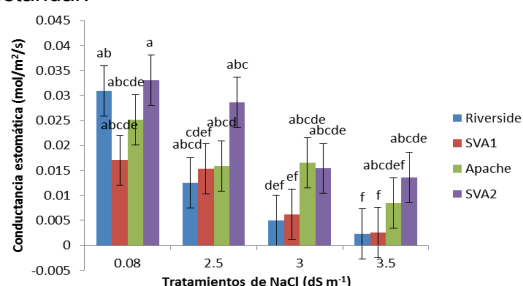
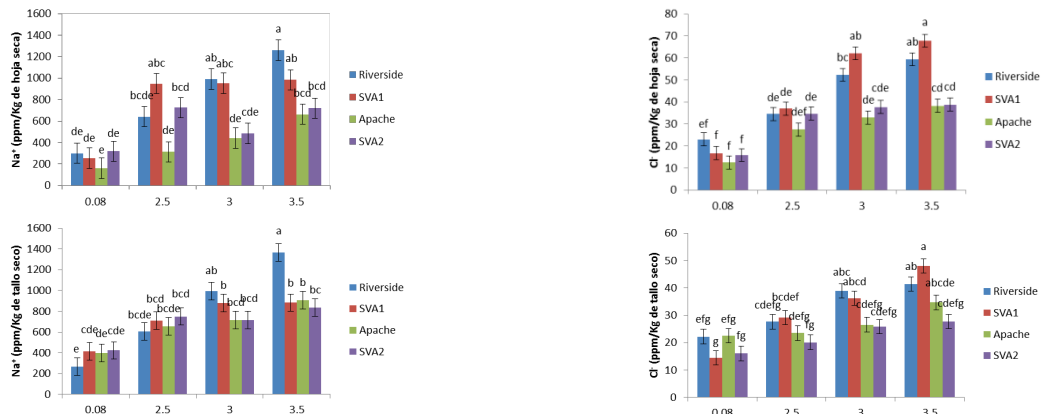


Figura 4. Comportamiento de la conductancia estomática de cada genotipo de nogal pecanero en las diferentes concentraciones de NaCl. Medias entre tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey $\alpha=0.05$). Barras verticales indican error estándar.

Contenido de iones en tejidos de los genotipos de Nogal Pecanero

Sodio en tejidos. Se observó que el material criollo SVA2 acumuló la mayor concentración de sales en la raíz, así como un menor flujo de iones a las hojas (Figura 5). Este comportamiento lo encontraron también Walker *et al.* (1987) en plantas de pistache, las cuales retuvieron el sodio en las raíces, teniendo una concentración de sodio baja en las hojas.



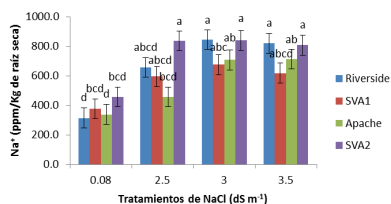


Figura 5. Contenido de sodio en tejidos de plántula de cuatro genotipos de nogal pecanero sometidos a riegos con diferente concentración de NaCl. Medias entre tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey $\alpha=0.05$). Barras verticales indican error estándar.

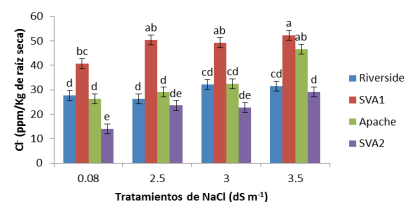


Figura 6. Contenido de cloruros en tejidos de plántula de cuatro genotipos de nogal pecanero sometidos a riegos con diferente concentración de NaCl. Medias entre tratamientos con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey $\alpha=0.05$). Barras verticales indican error estándar.

En Apache se observó algo similar encontrando un menor flujo de sodio del tallo a la hoja. La variedad Riverside no presentó diferencias, y el material criollo SVA1 presentó un mayor contenido de sodio en las hojas. Estos resultados son similares a los encontrados por Montes-Rentería *et al.* (2011) en nogal pecanero nativo, donde registró una ligera tendencia hacia una menor cantidad de sodio en hojas y una mayor concentración en raíz.

Cloruros en tejidos. La acumulación de cloruros en hojas y tallo aumentó con el incremento de la salinidad en el agua (Figura 6). Esta tendencia se expresó considerablemente en Riverside y SVA1, principalmente en los árboles tratados con 3 y 3.5 dS m⁻¹. Se observó que el material criollo SVA2 presentó concentraciones de Cl⁻ menores a los demás genotipos en raíz y tallo, pero valores con una tendencia a aumentar en las hojas, por otra parte la variedad Apache tuvo una tendencia a presentar concentraciones de Cl⁻ bajas en todos los tejidos. Estos resultados son similares a los reportados por Montes-Rentería *et al.* (2011) donde los iones Cl⁻ tienden a acumularse en las hojas de las plantas de nogal pecanero. También resultados similares fueron reportados por Muralitharan *et al.* (1992) en árboles de mora, donde el mayor contenido de Cl⁻ se encontró en las hojas y menores contenidos en tallo y raíz.

Conclusiones

La fotosíntesis y conductancia estomática disminuyeron en árboles tratados con diferentes gradientes de salinidad, los cuales manifestaron un aumento en el déficit de presión de vapor. La menor acumulación de sodio en hojas se observó en el material criollo SVA2. Este menor ingreso, permite indicar un posible efecto de exclusión iónica y permite suponer que este genotipo puede ser utilizado en suelos con problemas de sales para esta especie. Aunque este patrón fue diferente para cloro, dicho material criollo presentó niveles inferiores a Riverside, el cual ha sido considerado como tolerante a sales.

Bibliografía

- Barkla J.B., R.R Vera-Estrella, E. Balderas and O. Pantoja. 2007. Mecanismos de tolerancia a la salinidad en plantas. In: Una ventana al quehacer científico. Instituto de Biotecnología de la UNAM. 14:253-272.
- Delane, R., H. Greenway, R. Munns, and J. Gibbs 1982. Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of *Hordeum vulgare* growing at high external NaCl. I. Relationship between solute concentration and growth. J Exp. Bot. 33: 557-573.
- Fan Z., Q. Chang, C. Tian, S. Yabaki, A. Okada and C. Liu. 1993. Genesis and characteristics of salt-affected soils in tarim Basin. In: Proceedings of the Japan-China International Symposium on the study of the Mechanism of Desertification. Ichikuni M. (ed). Tokyo: Science and technology Agencypp. 219-226.



- Leidi, E.O. and J.M. Pardo. 2002. Tolerancia de los cultivos al estrés salino: que hay de nuevo. Revista de investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias, 2: 69-90.
- Martínez V.N., A.C. López, S.M. Basurto y L.R. Pérez. 2011. Efecto por salinidad en el desarrollo vegetativo. Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, 5:156-161.
- Miyamoto S. 2008. Salt Tolerance of Landscape Plants Common to the Southwest. Texas A & M University System. TR-2008-316. p.37.
- Miyamoto S., G.R. Gobran and K. Piela. 1985. Salt effects on seedling growth and ion uptake of tree pecan roostock cultivar. Agronomy Journal, 77:383-388.
- Montes-Rentería G.D., J. G. Arreola-Ávila, R. Trejo-Calzada, J.S. Rodríguez-López. 2011. Acumulación de iones en Nogal pecanero [Carya illinoensis (Wangenh) K. Koch] de maduración temprana sometidos a diferentes condiciones de salinidad. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 10: 131-139.
- Muralitharan M.S., S. Chandler and R.F.M. Steveninck. 1992. Effects of NaCl and Na²SO⁴ on Growth and solute composition of Highbush Blueberry (Vaccinium corymbosum). Australian Journal of Plant Physiology, 19: 155-164.
- Parida A.K. and A.B. Dass. 2004. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and environmental safety, 60:324-349.
- Sparks D. 1977. Effects of fruiting on scorch, premature defoliation, and nutrient status of Chickasaw pecan leaves. Journal of the American Society for Horticultural Science, 102:669-673.
- Steel R.G. and J.H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of statistics. McGraw-Hill, New York. 481p.
- Tarango S. and N. Chávez. 2011. Daño salino en nogal pecanero. Báez F (ed). INIFAP; Centro de investigación regional norte-centro. Campo experimental Delicias, Chihuahua, México 47p.
- Walker R.R, E. Törökfalvi and M.H. Behboudian. 1987. Uptake and Distribution of chloride, sodium and potassium ions and growth of salt –treated Pistachio plants. Australian Journal of Agricultural Research, 38:383–394.
- Weimberg, R.; Lerner, H. R.; Poljakoff-Mayber, A. 1984. Changes in growth and water-soluble solute concentration in Sorghum bicolor stressed with sodium and potassium salts. Physiol Plantarum, 62: 472–480.





VARIABILIDAD DE *Pseudomonas* FLUORESCENTES EN LA RIZÓSFERA DE MAÍZ

Carcaño-Montiel, M.G.¹; Medina-de la Rosa, G.; Hernández-Ruíz, F.J.¹; Sil-Palacios, G.¹; Tapia-Hernández, A.¹; López-Reyes, L.^{1*}

¹**Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla, México.**

*Autor responsable: lucia.lopez@correo.buap.mx; Edificio 103-J. Planta alta. Ciudad Universitaria. Puebla, Puebla, México. CP 72570; Tel. +52(222)-295500 Ext. 2553

Resumen

Las actividades humanas han generado que se establezcan nuevas interacciones en la rizósfera de las plantas, siendo dichas interacciones, diferentes para cada variedad de maíz e incluso produciendo variabilidad en el metabolismo dentro de una misma especie bacteriana. En este trabajo como modelo bacteriano se seleccionó al género *Pseudomonas*, particularmente al subgrupo fluorescente, observando una diversidad genética bacteriana mayor en el maíz amarillo, seguida de la variedad de maíz rojo, siendo teocintle la que presento menor diversidad. Al mismo tiempo se identificaron ocho especies de las cuales la más abundante fue *P. Oryzihabitans* encontrada en teocintle. Al determinar la fluorescencia se encontró que *P. aeruginosa* y *P. fluorescens* tuvieron una incidencia mayor al 60%, así como más del 50 % de la población mostro actividad solubilizadora de fosfatos.

Palabras clave

Bacterias;diversidad;solubilización de fosfatos;fluorescencia.

Introducción

El género *Pseudomonas* y algunos otros géneros estrechamente relacionados como *Burkholderia* sp., comparten las características de ser bacilos gramnegativos rectos o ligeramente curvos que son aerobios estrictos; la mayoría de las cepas son móviles por medio de uno o más flagelos polares; utilizan glucosa y otros hidratos de carbono en forma oxidativa; suelen ser citocromo oxidasa positivos, miembros de este género están ampliamente distribuidos en el suelo, agua, aire, plantas y muchos hábitats naturales (Zhang *et al.*, 2011). La importancia de la presencia del género *Pseudomonas* en el suelo ha quedado evidenciada en muchas investigaciones, siendo *P. aeruginosa* y *P. fluorescens* las especies sobre las que se han realizado más estudios y se ha observado que poseen la capacidad de producir sideróforos, participan como antagonistas del crecimiento fúngico o jugar un papel importante en la absorción de fósforo y rendimiento de ciertos cultivos o servir como un factor de control en enfermedades de ciertas semillas como el caso particular de *P. fluorescens* a través de la producción de diversos metabolitos (Gutiérrez *et al.*, 2009). Sin embargo, otras especies poseen igual importancia para el ecosistema, como lo es la asociación entre *P. alcaligenes* y el género *Azotobacter* (Özen y Ussery, 2012), la tolerancia y degradación de glifosato por *P. oryzae* (actualmente *Flavimonas oryzae*) (Gutiérrez *et al.*, 2009) o el antagonismo



fúngico de *P. putida*. Dentro del género *Pseudomonas* encuentra el subgrupo fluorescente que produce diversos metabolitos, entre ellos, los sideróforos que son compuestos de bajo peso molecular secretados por las raíces de las plantas y las bacterias que se relacionan con la captación en la rizósfera de elementos, como el hierro. Diversas bacterias de vida libre poseen además la capacidad de producir ácido indol acético (Torres-Rubio *et al.*, 2000; Jeyanthi y Ganesh, 2013), como lo demostrado en *Pseudomonas* 7NSK, al aumentar la producción de, maíz, trigo y cebada; debido a la capacidad de producir ploverdina, la cual puede ser estratégica en la rizósfera, no sólo para el abastecimiento de hierro, sino, también, como un mecanismo de defensa contra otros microorganismos (Höfte y Altier 2010). Además de la ploverdina, las especies del género *Pseudomonas*, son capaces de generar pigmentos difusibles que son observables a luz UV en medio B de King como las piocianinas y fluoresceínas (Cid, 2006). Para poder entender el comportamiento, la función y los efectos que un grupo bacteriano ejerce tanto en el suelo y la rizósfera de los cultivos, es necesario, determinar las características de dicho grupo. Sin embargo, debido a que existen diferentes rutas metabólicas bacterianas, resulta complejo analizar grandes poblaciones; es por ello, que se ha optado por trabajar muestras representativas de la diversidad bacteriana en un suelo con la ayuda de sistemas de identificación multipuebas API, los cuales tienen la ventaja de ser fáciles en su manejo (Cid, 2006), ya que permite entre otras cosas, poner de manifiesto parte del sistema metabólico de la bacteria. Además de estudios complementarios, como la capacidad solubilizadora de fosfatos (Goldstein, 1986; Lara *et al.*, 2011).

Materiales y Métodos

Se seleccionó suelo de la rizósfera de plantas de maíz con crecimiento de 20 días posterior a la siembra, desarrolladas en la zona San Juan Atenco en Puebla (100 g aproximadamente por planta). Se realizaron diluciones con base diez partiendo de 1.0 g de cada una de las muestras de suelo hasta 10^{-7} : De cada dilución, se tomó 0.1 mL y se sembró colocando el inóculo sobre la placa de agar soya y tripticasa (TSA) distribuyéndolo con una varilla de vidrio estéril y se incubaron durante 24 h a 36°C. De ahí se tomó de la caja contable, 20 bacterias representativas de la población total. Se resembró en agar TSA mediante la técnica de estría cruzada. Se incubó durante 24 h a 36°C, posteriormente se realizaron resiembras hasta la obtención de un cultivo axénico. Las cepas purificadas, se sometieron a pruebas de caracterización bioquímica y genética. Se procedió a utilizar los sistemas de caracterización bacteriana por medio del sistema APIWEB™ de Biomerieux para API 20 NE. Posteriormente se determinó el patrón de asimilación de carbohidratos de cada una de las bacterias identificadas como pertenecientes al sub grupo de *Pseudomonas* fluorescentes mediante el API 50CH.

Detección de la actividad solubilizadora de fosfatos y fluorescencia

Se inocularon tubos de caldo nutritivo con las cepas se incubaron en agitación a 30°C por 24 h. Posteriormente, la población de bacterias se ajustó con el tubo 5 en la escala del Nefelómetro de McFarland equivalente a 1500 millones de bacterias mL⁻¹. Se colocaron 100 µL del inóculo en los pozos del replicador de Steers y se sembraron en placas con medio Goldstein por duplicado, una para fosfato monobásico de calcio y la otra para fosfato dibásico de calcio; las bacterias se incubaron a 30°C durante 4 días, después de lo cual se observó la formación de halos transparentes alrededor de las colonias (Goldstein, 1986).

Se sembró en medio King B para la detección de fluorescencia y se dejó crecer por 5 días, esto para determinar la presencia de pigmentos fluorescentes al hacer incidir luz ultravioleta (Cid, 2006), aplicándola a las longitudes de onda de 312 nm y 265 nm.

Resultados y Discusión

Cada variedad de maíz mostró diferencia tanto en las especies asociadas a su rizósfera como en el número presente en dicha variedad pudiendo observar que mediante las restricciones del rADN 16S se detectó mayor diversidad de bacterias en maíz amarillo y maíz rojo en comparación con el suelo control, maíz azul, maíz QPM y teocintle (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índice de diversidad genética de las restricciones de 16S rADN de bacterias aisladas de maíz con las enzimas RsaI, MspI y AluI.

Variedad de maíz	Índice de diversidad*
Amarillo	2.480
Control	1.953
Azul	1.748
Rojo	2.197
QPM	1.386
Teocintle	1.039

* Índice de diversidad de Shannon-Weaver

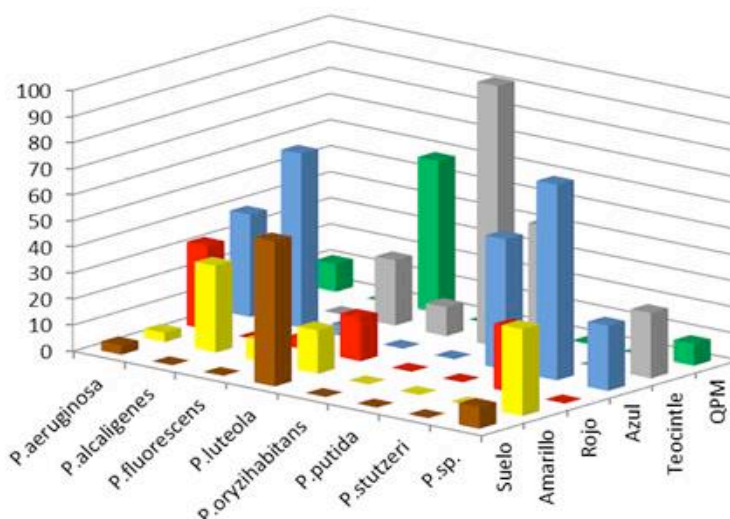


Figura 1. Distribución de las especies de *Pseudomonas* identificadas en asociación con maíz.

Las especies de bacterias que se identificaron por API 20E en asociación con maíz fueron *P. aeruginosa*, *P. alcaligenes*, *P. fluorescens*, *P. luteola*, *P. oryzae*, *P. putida*, *P. stutzeri* y *Pseudomonas* sp. Únicamente *P. aeruginosa*, *P. luteola* y *Pseudomonas* sp. se encontraron de manera significativa en los suelos de la rizósfera de las variedades de maíz en comparación con las demás especies, ya que la rizósfera de las variedades QPM y teocintle predomina una sola especie, *P. fluorescens* y *P. oryzae* respectivamente (Figura 1). Y puede estar relacionado tanto con el efecto que tienen las raíces de las plantas al liberar

diferentes compuestos químicos que pueden estimular o inhibir a los microorganismos que se encuentran a su alrededor (Baiset *et al.*, 2006) como con el genotipo y la edad de la planta ya que estos son factores que pueden influir a las especies de las bacterias que se asocian a su rizósfera (Pereira *et al.*, 2011).

Además la presencia de especies de *Pseudomonas* asociadas a maíz ha demostrado ser una ventaja ecológica por su capacidad de producir un incremento de la productividad, bioremediación del medio y control de patógenos ya que son algunas de las características del género (Hayat *et al.*, 2010). En la figura 2 se muestran la incidencia de fluorescencia en las poblaciones de *P. aeruginosa* y *P. fluorescens* junto a *Pseudomonas* sp. (Figura 2). También se observó que más del 50% de la población estudiada presentó actividad solubilizadora de fosfatos en diferentes concentraciones, coincidiendo con lo que menciona Paredes-Mendoza y Espinosa-Victoria, (2009) y Reyes *et al.* (2006).

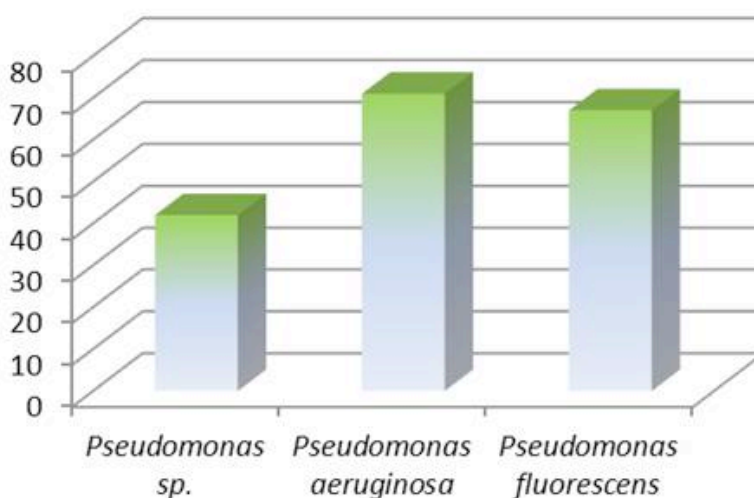


Figura 2. Porcentaje de fluorescencia en especie de *Pseudomonas*

Cuadro 2. Ejemplos de restricciones obtenidas en el gen 16S rDNA de *Pseudomonas* sp. asociada a la rizósfera de maíz

Género	Especie	AluI * (pb)
<i>Pseudomonas</i>	<i>luteola</i>	100, 200, 500, 700
<i>Pseudomonas</i>	<i>stutzeri</i>	100, 200, 350
<i>Pseudomonas</i>	<i>putida</i>	80, 200, 250, 350
<i>Pseudomonas</i>	<i>aeruginosa</i>	150, 250, 350, 500
<i>Pseudomonas</i>	<i>fluorescens</i>	100, 200, 300, 400, 500
<i>Pseudomonas</i>	<i>luteola</i>	80, 200, 300, 500

*AluI tamaño de las restricciones obtenidas con la enzima de restricción AluI en pares de bases (bp)

En la caracterización genética se detectó un perfil característico para cada especie el cual se muestra en el Cuadro 2.



Conclusiones

El género *Pseudomonas* se encuentra frecuentemente asociado a la rizósfera de maíz de diferente variedad, la cual puede diferenciarse por los estudios bioquímicos y genéticos, siendo *P. oryzihabitans* la más abundante en teocintle, presentando en algunas especies la producción de pigmentos fluorescentes y solubilización de fosfatos

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido soportado por el proyecto de investigación “Caracterización de *Pseudomonas* fluorescentes asociadas a diferentes variedades de maíz” con financiamiento VIEP-BUAP-50 en el subprograma de apoyo a la investigación 2013-2014. Recursos del programa de mejoramiento al profesorado (SEP-PROMEP) para el fortalecimiento del Cuerpo Académico de Microbiología de Suelos BUAP-CA-99. Por el proyecto Institucional de desarrollo de biofertilizantes BIOfosfoBUAP.

Bibliografía

- Bais H. P., T. L. Weir, L. G. Perry, S. Gilroy and J. M. Vivanco. 2006. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annu Rev Plant Biol.* 57: 233–266.
- Cid, M. I. S. 2006. Aislamiento y caracterización de bacterias promotoras de crecimiento vegetal de la rizósfera de *Lolium perenne* L. de suelo volcánico (modelo género *Azospirillum* spp.). Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile. 77pp.
- Goldstein, A.H. 1986. Bacteria solubilization of mineral phosphates; Historical perspective and future prospects. *Am J Alternative Agr.* 1:51-57.
- Gutiérrez, B. D.C., A.M. M. Hernández y L. C. Corrales. 2009. *Pseudomonas oryzihabitans*: un microorganismo de creciente interés científico. *NOVA.* 7:103-112.
- Hayat, R., S. Ali, U. Amara, R. Khalid, and I. Ahmed. 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Ann Microbiol.* 60:579-598.
- Höfte, M. and N. Altier. 2010. Fluorescent pseudomonads as biocontrol agents for sustainable agricultural systems. *Res Microbiol.* 161: 464-471.
- Jeyanthi, V. and P. Ganesh. 2013. Production, optimization and characterization of phytohormone indole acetic acid by *Pseudomonas fluorescens*. *IJPBA* 4:514-520.
- Lara, C., L.M. A. Esquivel and J. L. P. Negrete. 2011. Bacterias nativas solubilizadores de fosfatos para incrementar los cultivos en el departamento de Córdoba-Colombia. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.* 9:114-120.
- Özen, A. I. and D. W. Ussery. 2012. Defining the *Pseudomonas* Genus: Where do we draw the line with *Azotobacter*? *Microb. Ecol.* 63:239-248.
- Paredes-Mendoza M. and D. Espinosa-Victoria. 2010. Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: una revisión crítica. *Terra Latinoamericana* 28:61-70.
- Pereira P., F. Ibáñez, M. Rosenblueth, M. Etcheverry and E. Martínez-Romero. 2011. Analysis of the bacterial diversity associated with the roots of maize (*Zeamays* L.) through culture-dependent and culture-independent methods. *ISRN Ecol.* p. 938546 <http://dx.doi.org/10.5402/2011/938546>
- Reyes, I., A. Valery and Z. Valduz. 2006. Phosphate-solubilizing microorganisms isolated from rhizospheric and bulk soil of colonizer plants at abandoned rock phosphate mine. *Plant Soil* 287: 69-75.
- Torres-Rubio, M.G., S.A. Valencia-Plata, J. Bernal-Castillo and P. Martínez-Nieto. 2000. Isolation of Enterobacteria, *Azotobacter* sp. and *Pseudomonas* sp., producer of indole-3-acetic and siderophores, from Colombian rice rhizosphere. *Rev Lat Microbiol.* 42:171-176.
- Zhang, D. C., H. C. Liu, Y. G. Zhou, F. Schinner and R. Margesin. 2011. *Pseudomonas bauzanensis* sp. nov., isolated from soil. *Int J Syst Evol Micr.* 61: 2333-2337.





PRONÓSTICO DEL RIEGO EN LÍNEA Y TIEMPO REAL PARA CHIHUAHUA

**Catalán-Valencia E.A.^{1*}, Villa-Castorena M.M.¹, Inzunza-Ibarra M. A.¹, Román-López A.¹,
Delgado- Ramírez G.¹, González-Barrios J.L.¹**

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID RASPA INIFAP). Gómez Palacio, Dgo. México.

*Autor responsable: catalan.ernesto@inifap.gob.mx; Calle Río Lerma Núm. 254, Col. Navarro, Torreón, Coahuila. México. CP 27010; Tel. +52(871)-159-0104

Resumen

Laprogramación del riego, es decir, la técnica consistente en determinar la cantidad de agua y el momento en que han de regarse los cultivos es un instrumento fundamental para lograr un uso eficiente del agua. Regularmente se realiza sin soporte técnico, razón por la cual se requiere mayor sistematización y difusión de las técnicas disponibles para realizarla de una manera adecuada. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un programa de cómputo para que los usuarios de los distritos y unidades de riego del estado de Chihuahua calculen, en línea y tiempo real, las demandas de agua de sus cultivos y programen sus riegos. El subprograma DRIEGO CHIHUAHUA del sistema IRRINET resuelve el balance de agua en el suelo a nivel diario a partir de la estimación de cada uno de sus componentes: riego y lluvia efectiva como principales entradas de agua, así como evapotranspiración del cultivo y percolación o drenaje como salidas de agua más importantes (<http://www.cenidraspa.org>). Cuenta con acceso en tiempo real a los datos de las 17 estaciones que conforman la red de estaciones climatológicas del estado de Chihuahua e incluye una base de datos con información de 62 cultivos (ciclos de cultivo, fechas de siembra, profundidad de raíces, criterios de abatimiento de humedad del suelo y coeficientes de cultivo para la estimación de la evapotranspiración). Tanto el sistema IRRINET como el subprograma DRIEGO CHIHUAHUA fueron programados utilizando el estilo de programación mixta JQUERY bajo JAVA y PHP.

Palabras clave

Evapotranspiración; balance de agua; calendarización del riego.

Introducción

La falta de soporte técnico para la gestión del riego incide de manera importante sobre los bajos niveles de eficiencia y productividad con que se utiliza el agua en las zonas de riego del país. Los distritos de riego operan con un nivel de eficiencia global promedio por debajo del 40%, lo cual significa que el 60% del volumen de agua total disponible se pierde durante la



conducción y aplicación del agua (CNA, 2008). En Chihuahua, el volumen de agua anual concesionado en el año 2007 fue de 5,148 millones de m³, de los cuales el 89% (4,593 millones

de m³) se destinó a uso agrícola (CNA, 2008). La superficie cultivada bajo riego alcanzó las 276,560 hectáreas, lo cual indica que se aplicó una lámina de riego bruta promedio de 1.66 m con una eficiencia global de 36% si se asume una lámina neta o requerimiento de riego de 60 cm.

La tecnificación del riego parcelario implica la aplicación de técnicas y métodos racionales y cuantitativos para mejorar la programación, diseño y operación de los sistemas de riego. La tecnología disponible en materia de ingeniería de riego es amplia, sin embargo, los procesos de transferencia y adopción tecnológica se han rezagado por distintas razones. Además de la falta de un esquema de valoración económica real del agua para riego, se tiene que la asimilación e implementación de la tecnología se complican por los altos grados de especialización y entrenamiento requeridos. También ha influido la supresión y/o desaparición de funciones como la capacitación y asistencia técnica anteriormente proporcionadas a los usuarios por parte del gobierno federal a través de las oficinas de ingeniería de riego y drenaje de los distritos y unidades de riego.

La creación de nuevas herramientas de investigación y la disponibilidad de cierta infraestructura han dado un nuevo impulso a la transferencia y adopción de la tecnología de riego existente, acercando el conocimiento a los productores. Infraestructuras como la Red de Estaciones Climatológicas Automáticas del Estado de Chihuahua y la Red de Internet permiten la adquisición, proceso y transmisión en tiempo real de la información climática requerida para estimar variables fundamentales de la gestión del riego de cultivos como la evapotranspiración o consumo de agua. Mediante la programación y el acceso en línea a bases de datos (clima, suelo y cultivo), es posible desarrollar aplicaciones de cómputo para sistematizar, difundir y transferir la tecnología de riego disponible, es decir, proveer asistencia técnica en línea y tiempo real a los usuarios del riego.

La programación del riego es una técnica encaminada a determinar las cantidades de agua por aplicar y las fechas de aplicación de cada riego para minimizar deficiencias o excesos de humedad en el suelo que pudieran causar efectos adversos sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos (FAO, 1989). Con la programación adecuada del riego se pueden lograr objetivos múltiples como ahorrar agua, disminuir costos por ahorro de energía y mano de obra, minimizar estrés hídrico y maximizar rendimiento, así como maximizar calidad, rentabilidad o ingreso (Catalán *et al.*, 2007). El objetivo de este trabajo fue desarrollar un programa computacional, en línea y tiempo real, para calcular las demandas de agua y calendarizar el riego de los cultivos en Chihuahua.

Materiales y Métodos

El programa DRIEGO CHIHUAHUA aquí presentado forma parte del sistema IRRINET para la asistencia técnica en línea en el manejo del riego (<http://www.cenidraspa.org/>). Se desarrolló a partir de su antecesor, el cual funcionaba con base en datos climáticos históricos (Catalán *et al.*, 2012). Fue programado utilizando el estilo de programación mixta JQUERY bajo JAVA y PHP.

El programa resuelve el balance de agua en el suelo a partir de la estimación de cada uno de sus componentes: riego (R) y lluvia efectiva (P) como principales entradas de agua, así como evapotranspiración del cultivo (ET_c) y percolación o drenaje (D) como salidas de agua más importantes:

$$\Delta\theta = R + P - ET_c - D \quad (1)$$

Donde $\Delta\theta$ es el cambio del contenido de agua del suelo. La escala espacial es el volumen de control limitado por la profundidad del suelo explorada por las raíces del cultivo, y la escala del tiempo es de un día, como la mayoría de los esquemas planteados para resolver la Ec. 1 (Fox *et al.*, 1994, Ojeda *et al.*, 1999).

Consumo de agua. El consumo de agua o evapotranspiración (ET_r) del cultivo se estima a partir del cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_0), calculada con el método estándar FAO Penman-Monteith, y el uso del coeficiente dual del cultivo, ambos procedimientos recomendados por la Organización Meteorológica mundial y la FAO para la programación del riego en tiempo real (FAO, 1998):

$$ET_c = (K_s K_{cb} + K_e) ET_0 \quad (2)$$

Donde ET_0 es la evapotranspiración de la superficie hipotética de referencia, similar a la de un cultivo de pasto bien irrigado y sin limitaciones de agua (Allen *et al.*, 1990; Jensen *et al.*, 1990). La ET_0 se estima con datos climatológicos del sitio (temperatura y humedad del aire, velocidad del viento y radiación solar).

Datos de entrada. La pantalla principal del programa muestra cinco botones: 1. Sitio, 2. Cultivo, 3. Suelo, 4. Riego y 5. Resultados. Los cuatro primeros botones solicitan datos de entrada y el último botón muestra el menú de resultados (Figura 1).

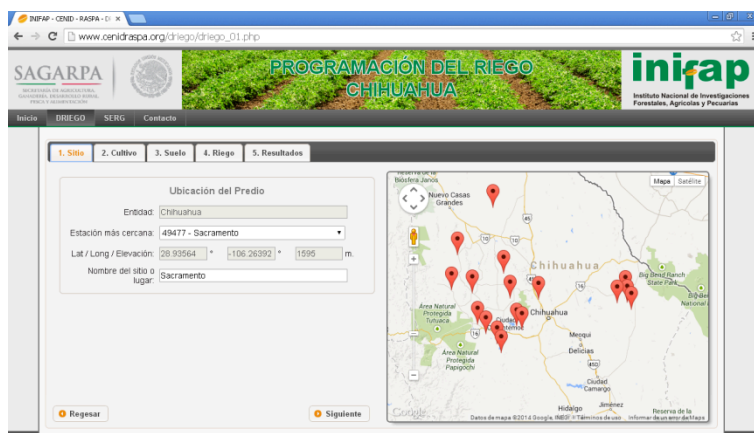


Figura 1. Selección del sitio y su estación climatológica.

Botón Sitio: Solicita la estación climatológica más cercana para acceder, en línea y tiempo real, a su base de datos (Figura 1). Una vez seleccionada la estación, el programa despliega la información correspondiente como el nombre, coordenadas geográficas y altura del sitio.

Botón cultivo: Solicita datos del cultivo como la fecha de siembra, duración del ciclo vegetativo y la altura máxima del cultivo, datos que el usuario puede cambiar. También se despliegan los valores de las curvas de los coeficientes basales del cultivo



recomendados por la FAO, los cuales el usuario no debe modificar, a menos que disponga de dicha información derivada de estudios experimentales propios (Figura 2).

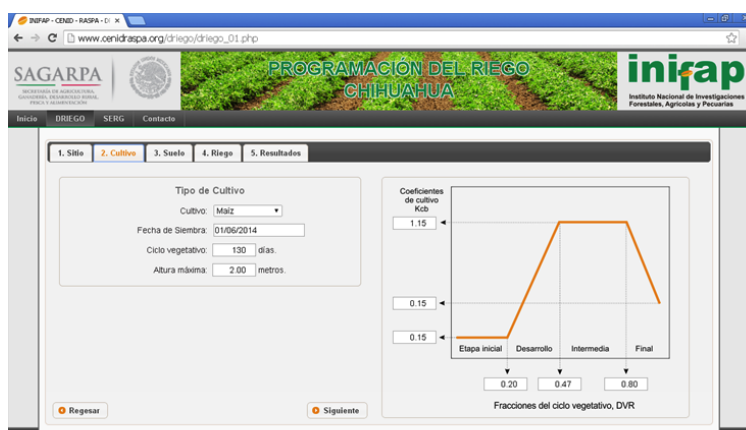


Figura 2. Ingreso de datos del cultivo.

Botón suelo: Solicita información para determinar la humedad aprovechable (HA) o capacidad de retención de agua del perfil del suelo ocupado por las raíces del cultivo. El programa da al usuario tres posibles opciones para determinar HA dependiendo de la información disponible.

Botón riego: Solicita la información referente al sistema de riego y su manejo como el tipo de sistema y la fracción del terreno humedecida, la cual es importante para estimar la evaporación directa del suelo. También se solicita el tipo de control del riego: por abatimiento de la humedad aprovechable del suelo o por intervalos de riego.

Resultados

Como resultados de este trabajo se obtuvo un programa de cómputo para pronosticar, en línea y tiempo real, el riego de los cultivos en el estado de Coahuila. El último botón de la pantalla principal del programa despliega el botón “Calcular resultados”, el cual al activarse muestra los ocho botones del menú de resultados. El primer botón presenta el calendario de riego que incluye el número de riegos, fechas de aplicación, intervalos entre riegos y láminas de riego (Figura 4).



Figura4. Calendario de riegos del maíz.

El segundo botón del menú de resultados presenta los datos tabulados de los componentes del balance de agua del suelo a nivel diario. Aparecen el consumo de agua del cultivo en sus



modalidades de evapotranspiración (ET) máxima y real; la evaporación y transpiración como componentes de la ET real, la lluvia efectiva y la percolación. Aparece también la humedad aprovechable disponible en la zona radicular del cultivo.

Los botones tres y cuatro presentan gráficas del consumo de agua (ET máxima, ET real y Transpiración) a través del ciclo del cultivo, en valores diarios (Figura 5) y acumulados, respectivamente. Por su parte, el quinto botón muestra dos gráficas que ilustran la variación de la humedad aprovechable del suelo durante el ciclo del cultivo, tanto en porcentaje como en lámina de agua. El sexto botón muestra los valores de los coeficientes del cultivo a través de su ciclo vegetativo. Se presentan los valores del coeficiente basal (K_{cb}) que determina la transpiración del cultivo, el coeficiente K_e que determina la evaporación directa desde la superficie del suelo, y la suma de ambos coeficientes que determina la evapotranspiración.

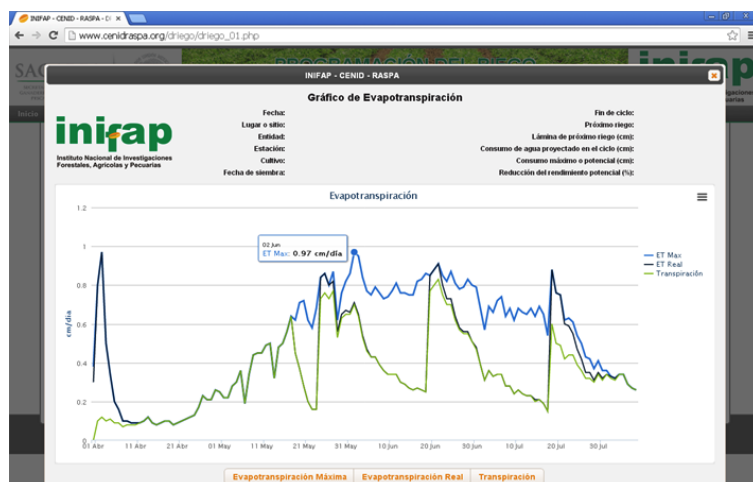


Figura 5. Consumo de agua a través del ciclo del maíz.

Los dos últimos botones del menú de resultados presentan gráficas con los valores de las variables climatológicas durante la estación de crecimiento del cultivo. Todas las gráficas desplegadas por el programa pueden habilitarse y deshabilitarse para visualizarlas una por una o todas juntas.

Conclusiones

El sistema IRRINET es una herramienta importante para que los usuarios del riego del estado de Chihuahua incorporen un mayor soporte técnico a la tarea de programar el riego de sus cultivos. La instalación y ejecución en línea del sistema y el acceso irrestricto y gratuito por parte de los usuarios a través de Internet constituyen importantes mecanismos de difusión y transferencia de la tecnología de riego disponible. La herramienta aquí propuesta hace una estimación del consumo de agua por el cultivo y del balance de agua en el suelo utilizando datos climáticos recientes o actuales, lo cual constituye una mejora con respecto al uso de datos históricos del clima. Es por esta característica que su potencial de aplicación aumenta no sólo para la planeación de los recursos hidráulicos sino también para la operación y manejo de los sistemas de riego. Además de los usuarios del riego, maestros y estudiantes pueden utilizar



el programa con fines didácticos, para entender mejor los principios teóricos involucrados en su desarrollo; así como investigadores para ayudar a definir posibles acciones de investigación orientadas al refinamiento de las técnicas utilizadas en el programa.

El programa también puede utilizarse como herramienta para la planeación y toma de decisiones sobre el uso de los recursos hídricos del estado de Chihuahua, tareas en las cuales el conocimiento de las necesidades hídricas de los cultivos es básico e indispensable.

Bibliografía

- Allen R.G., R.H. Cuenca, M.E. Jensen, W.O. Pruitt, R.K. Blatchlet, J.M. Erpenbeck, E.L. Johns, J.F. Stone, R.D. Burman, R.W. Hill, P.R. Nixon, and J.L. Wright. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. M.E. Jensen, R.D. Burman, and R.G. Allen Editors. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70. New York.
- Catalán V., E.A.; Sánchez C., I.; Villa C., M.M.; Inzunza I., M.A. y Mendoza M., S.F. 2007. Programa para calcular demandas de agua calendarizar el riego de los cultivos. Folleto técnico 7. INIFAP CENID RASPA. Gómez Palacio, Durango.
- Catalán V., E.A.; Villa C., M.M.; Inzunza I., M.A.; Román L., A. y González B., J.L. 2012. Cálculo de demandas de agua y programación del riego de cultivos en Coahuila. AGROFAZ: 12: 123-131.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2008. Estadísticas del Agua en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1989. Irrigation water management: Irrigation scheduling. Training Manual No. 4. Rome Italy.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy.
- Fox F.A., T.F. Schere, D.C. Slack and L.J. Clark. 1994. Arizona Irrigation Scheduling (AZSCHED Version 1.1E): Users Manual. Cooperative Extension. University of Arizona, Tucson AZ.
- Jensen M.E., R.D. Burman and R.G. Allen. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. American Society of Civil Engineers. Irrigation Water Requirements Committee of the Irrigation and Drainage Division. Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70. New York. 332 p.
- Ojeda B., W., E. Sifuentes I., J.M. González C., J.A. Guillen G. y H. Unland W. 1999. Pronóstico del riego en tiempo real. Centro Nacional de Transferencia de Tecnología de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.





FITOPATÓGENOS PRESENTES EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA DE TOMATE CULTIVADO EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO CERRADO

De la Rosa-Rodríguez, R.^{1*}; Avelar-Mejía, J.J.²; Lara-Herrera, A.²; Estrada-Casillas, J.²; Lozano-Gutiérrez, J.²; Luna-Flores, M.²; Llamas-Llamas, J.J.²

¹Alumno de Licenciatura de la Unidad Académica de Agronomía de la U.A.Z., Zacatecas, Zac., México.

²Profesor-Investigador de la Unidad Académica de Agronomía de la U.A.Z., Zacatecas, Zac., México.

*Autor responsable: rodox116@hotmail.com; Calle Leona Vicario Núm. 7, Col. Álamos, Jerez de García Salinas, Zacatecas, México. CP 99390; Tel. 494-949 4004

Resumen

El tomate es la hortaliza de mayor importancia a nivel mundial y su producción en agricultura protegida, específicamente en hidroponía va en aumento. Con el objetivo de identificar qué enfermedades se desarrollan en la solución nutritiva (SN) en un sistema hidropónico cerrado, con diferentes formas de conducción de la SN recirculada, se realizó la presente investigación en dos naves de invernadero tipo “multitúnel”. Se evaluaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones, los sistemas de conducción fueron: 1) abierto (T1), parcialmente cubierto (T2), cubierto (T3) y cerrado (T4), a través de los cuales se condujo la SN hasta reservorios con distintos grados de exposición a la intemperie dentro del invernadero y así reutilizarla nuevamente (recircularla). Se obtuvieron cinco muestras de SN de cada tratamiento en distintas fechas y se sembraron en medio de cultivo agua-agar y PDA. No se detectó presencia de fitopatógenos que atacan la raíz de tomate ni se obtuvieron diferencias significativas en la producción de frutos entre los tratamientos. Sólo los tratamientos T1 y T3 de la primera repetición mostraron presencia de fitopatógenos que afectan sólo a la parte aérea de la planta, y su incidencia fue de 0.14%, lo que indicó que la reutilización de la SN no pone en riesgo de enfermedad al cultivo ni afecta su rendimiento.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill.; hidroponía, enfermedades; recirculación de solución nutritiva.

Introducción

En Zacatecas, el cultivo del tomate, ocupa una superficie sembrada de 2,693.91 ha, con una producción de 132,925.08 t y un valor de la producción de 654,466.3 miles de pesos (SIAP, 2012). Debido a las condiciones de clima en la entidad la producción en invernadero representa una alternativa de producción de esta hortaliza; la superficie de invernadero en esta entidad fue de 277 ha en el 2010, en el 90 % se produjo tomate (Padilla-Bernal *et al.*, 2012). Si se utilizan tecnologías como la hidroponía, la calidad y la cantidad de la producción de tomate se ve favorecida, aunque se deben tener cuidados especiales para evitar la presencia de plagas y enfermedades (Garza y Molina, 2008).

Las condiciones limitantes del agua en el estado de Zacatecas exigen un uso eficiente de este recurso para la producción de hortalizas, el 100 % del agua consumida en agricultura protegida se extrae de los acuíferos, pero el 44 % de ellos están sobre explotados (CNA, 2011), lo cual exige que busquemos otras alternativas más sustentables (Padilla-Bernal *et al.*, 2012).



Los sistemas hidropónicos en sustrato tienen un porcentaje de drenaje de la SN desde 15 % después en los primeros riegos del día, hasta 40 % en las horas centrales del día, con un promedio durante el día de 27 % (Vázquez-Gómez *et al.*, 2009) respecto a la SN aplicada. Una alternativa sustentable para reducir el agua aplicada puede ser reusar la SN. El riesgo de recircular la SN es la probabilidad de tener problemas de enfermedades (Sánchez-Del Castillo *et al.*, 2014). Existe poca información sobre la incidencia de enfermedades por efecto de recircular la SN, ante la necesidad de ahorrar agua y fertilizantes en el proceso de producción de tomate en invernadero con sustrato, es importante generar información al respecto.

El presente trabajo se llevó a cabo con el fin de determinar la presencia de microorganismos fitopatógenos en la SN y la incidencia de enfermedades de la raíz, en un sistema hidropónico cerrado, en cuatro tipos de conducción de la SN para su recirculación, con diversas exposiciones a la intemperie dentro del invernadero. La hipótesis de trabajo fue: existe presencia de patógenos en la SN de un sistema hidropónico cerrado, que causan enfermedades radicales en el cultivo de tomate.

Materiales y Métodos

Lugar de experimento

El presente trabajo se desarrolló en el año 2013 en dos naves de invernadero con control pasivo del clima, para probar un sistema hidropónico cerrado, con cuatro tipos de conducción de la SN desde las macetas con 18 L de perlita a un reservorio para su recirculación, el experimento se ubicó en la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Tratamientos evaluados

Se ensayaron cuatro tratamientos con referencia al sistema de conducción de la SN, los cuales se distribuyeron en dos invernaderos, de 320 m² cada uno. Cada tratamiento se constituyó por 67 macetas con dos plantas cada una. El total de plantas en los dos invernaderos fue de 2,144. Los tratamientos consistieron en cuatro sistemas de conducción de la SN: 1) abierto (T1), 2) parcialmente cubierto (T2), 3) cubierto (T3), y 4) cerrado (T4). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones.

Manejo de la solución nutritiva

La SN se aplicó mediante un sistema de fertirriego automático; en promedio, al día se aplicaron 35 riegos de 4 minutos cada uno. Se tomaron una serie de medidas para prevenir la incidencia de enfermedades de las plantas en ambos invernaderos.

Monitoreo de plagas y enfermedades

Se realizaron inspecciones diarias; en las plantas se examinaron hojas, tallos y frutos con el objeto de identificar algún síntoma ocasionado por algún agente patógeno o por alguna condición inadecuada del medio ambiente. Los resultados obtenidos se registraron para conocer el modelo de daño ocasionado; los patógenos presentes se identificaron mediante la sintomatología que mostraron o en laboratorio con el uso de claves especializadas (Both, 1971; Barnett y Hunter, 1972).

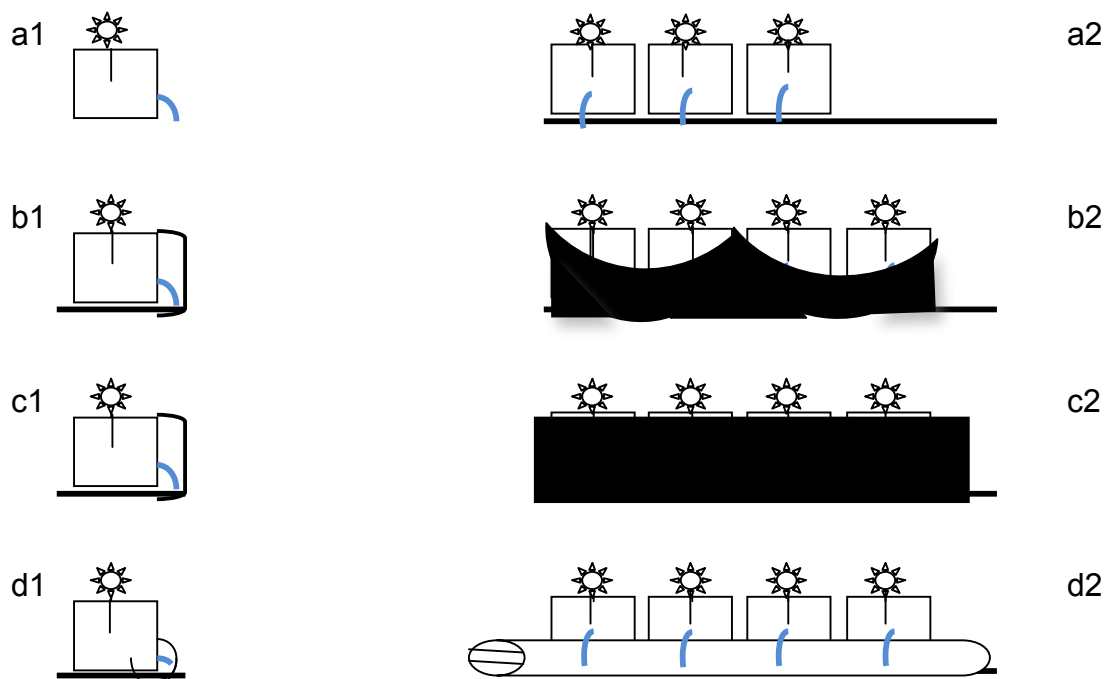


Figura 1. Vistas frontal (a1, b1, c1 y d1) y lateral (a2, b2, c2 y d2) de los sistemas de captación y conducción de la SN a lo largo de la hilera de macetas con plantas de tomate en los tratamientos: (a) abierto, (b) parcialmente cubierto, (c) cubierto y (d) cerrado.

Identificación y descripción de patógenos asociados con la solución nutritiva

Se obtuvieron cinco muestras de SN de cada tratamiento en distintas fechas y se sembraron en medio de cultivo agua-agar y PDA. Las cajas se incubaron durante dos días a 23 °C; después de este tiempo los crecimientos fungosos y/o bacterianos que se obtuvieron se transfirieron a cajas de Petri con PDA. La identificación de los patógenos se realizó mediante la utilización de claves especializadas (Both, 1971; Barnett y Hunter, 1972).

Incidencia, severidad y distribución de enfermedades

La incidencia de la enfermedad se determinó en porcentaje, tomando como base el total de plantas (2,144); y la severidad mediante la aplicación de una escala arbitraria que constó de seis puntos 0 = planta sana, 1 = hasta 10 lesiones por planta, 2 = alrededor de 50 lesiones por planta, 3 = casi todas las hojas infectadas, 4 = toda la planta infectada; 50 % del área destruida, 5 = cerca del 75 % del área destruida y 6 = planta muerta.

Variables medidas

Se tomaron muestras de SN en cada tratamiento (3.5 litros), para determinar la conductividad eléctrica (CE), el potencial de hidrogeno (pH) y la cantidad de SN aplicada. También se determinó la CE y el pH de la SN de drenaje. En las plantas, semanalmente, se determinó la



longitud del tallo (LT), la altura de la planta (AP), el número de hojas (NH), la distancia del ápice del racimo floral (DARF) en antesis, la longitud de la hoja (LH) y, la longitud del tallo floral (LTF).

Rendimiento

El rendimiento fue medido con base en el registro del peso de 25 cortes de frutos realizados durante todo el ciclo del cultivo (Marzo-Noviembre). Los frutos obtenidos en cada tratamiento se pesaron y los resultados se sometieron a un análisis de varianza.

Resultados y Discusión

Incidencia y severidad de enfermedades

La presencia de enfermedades no fue un factor de importancia en la producción de tomate; la incidencia fue de 0.14 %, (tres plantas enfermas). En estas plantas se detectó la presencia del hongo *Cladosporium fulvum* el cual es un patógeno aéreo y no tiene relación con la forma de conducción de la SN. Al igual que la incidencia, la severidad fue reducida (grado 2= alrededor de 50 lesiones por planta). Las plantas enfermas se eliminaron después de su detección, así las pérdidas ocasionadas no fueron significativas.

Microorganismos en la solución nutritiva

La SN utilizada contenía la presencia de varios microorganismos, entre ellos bacterias que de acuerdo a su coloración (anaranjado) y su forma (esférica), se consideran no fitopatógenas (Goto, 1990) además se detectó la presencia de *Cladosporium* spp en tres plantas T1 (una planta) y T3 (dos plantas); su presencia fue reducida, no ocasionó síntomas en la raíz ni tampoco afectaron la producción.

Variables medidas en la solución nutritiva

A lo largo del ciclo se tuvo un control en la SN en goteros, el volumen aplicado fue de 865 mL en las primeras etapas del cultivo, hasta 3.26 L en la etapa de máxima demanda; el pH de la SN aplicada se mantuvo entre 5.5 y 6.0, y la CE entre 1.8 y 2.6 dS m⁻¹, según lo recomiendan Steiner (1968) y Lara (1999). La SN drenada de las macetas varió de 20 a 32 % respecto a la SN aplicada. El pH en la SN drenada tendió a acidificarse bajando a alrededor de 4.8; la CE se incrementó a valores de 3.1 a 5.5 dS m⁻¹.

Variables medidas en las plantas

El diámetro de tallo fue de 13-17 mm, el crecimiento semanal del tallo (longitud) fue de 20 a 27 cm, la relación diámetro y longitud de tallo de 26.15, el número de hojas por planta se mantuvo entre 6 y 18, dependiendo de la etapa de desarrollo, la distancia al ápice del racimo floral fue entre 6 y 19 cm semanalmente, y la longitud de la hoja recientemente madura varió entre 30 y 45 cm. De acuerdo con estos resultados, y lo reportado por Muñoz (2009), las plantas presentaron un comportamiento normal.

Rendimiento

La producción de frutos fue de 24.3 a 26.9 kg m⁻², lo cual es considerada como adecuada. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ensayados. Los resultados obtenidos indican que el manejo del cultivo y las medidas sanitarias utilizadas fueron determinantes para lograr el rendimiento obtenido y que las formas de conducción de la SN en su reciclaje no afectan la producción de frutos.



Conclusiones

La solución nutritiva recirculada sin ningún método de desinfección, sólo utilizando el manejo adecuado de la misma, en un sistema hidropónico cerrado no tiene efecto en la incidencia de enfermedades en un cultivo de tomate de ocho meses.

Los tratamientos T1(abierto) y T3 (cubierto) presentaron microorganismos no-fitopatógenos, pero también fitopatógenos (*Cladosporium fulvum*), sin embargo éste sólo se manifiesta en la parte aérea de la planta sin representar riesgo al recircular la solución nutritiva.

La solución nutritiva cuando que es conducida por un medio cerrado (entubada), puede ser recirculada en un sistema hidropónico cerrado sin ningún método de desinfección y, por lo tanto, sin riesgos de problemas fitosanitarios.

El tratamiento de conducción cerrado o aislado por un tubo (T4), presentó menor número de microorganismos en comparación con los otros tres tratamientos, estos microorganismos no son fitopatógenos, por lo que la SN puede ser utilizada en un sistema hidropónico cerrado sin riesgo de enfermedades en raíces de tomate.

Bibliografía

- Barnett, H.L. and B.B. Hunter. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. McMillan Publishing Company. Fourth edition. New York. 218 p.
- Both, C. 1971. The Genus Fusarium. Commonwealth Mycological Institute. England. 237 p.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). Disponibilidad del agua subterránea. Gobierno Federal. SEMARNAT. CONAGUA. México: CNA. (accessed April 2011. <http://www.conagua.gob.mx/>).
- Garza, A.M., y V.M. Molina. 2008. Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el estado de Nuevo León. Disponible en: http://www.nl.gob.mx/pics/pages/da_publicaciones_base/manual-invernaderos.pdf [Consultado el 2 de Junio de 2013].
- Goto, M. 1990. Fundamentals of Bacterial Blight Pathology. Academic Press, Inc. New York USA, 342p.
- Lara H., A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra. 17: 221-229.
- Muñoz R, J.J. 2009. Estructuras de invernaderos y cubiertas de protección. pp: 19-40. In Castellanos, J.Z (ed). Manual de producción de tomate en invernadero. INTAGRI. 1ra edición. Celaya Guanajuato.
- Padilla-Bernal, L.E., A. Lara-Herrera, E. Reyes-Rivas and O. Perez-Veyna. 2012. Competitiveness, efficiency and environmental impact of protected agriculture in Zacatecas, Mexico. International Food and Agribusiness Management Review. 15: 49-64.
- Sánchez-Del Castillo, F., E.C. Moreno-Pérez, J. Pineda-Pineda, J.M. Osuna, J.E. Rodríguez-Pérez, y T. Osuna-Encino. 2014. Producción hidropónica de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con y sin recirculación de la solución nutritiva. Agrociencia 48: 185-197.
- SIAP STATISTICS. 2012. Crops data [En línea]. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (Revisado el 26 de Noviembre de 2013).
- Steiner, A.A. 1968. Soilles culture. pp. 324-341. In: Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy.
- Vázquez-Gómez, V., S. Villalobos-Reyes y J.Z. Castellanos. 2009. Manejo del riego en sustratos. pp: 157-186. In Castellanos, J.Z (ed). Manual de producción de tomate en invernadero. INTAGRI. 1ra edición. Celaya Guanajuato..





EFFECTO DE DOSIS CRECIENTES DE COMPOSTA EN EL CONTENIDO NUTRIMENTAL DEL SUELO Y PLANTA DE GUAYABO

De Luna-Jiménez, A.^{1*}; Luna-Ruiz, J. de J.²; Arredondo-Figueroa, J. L.³; Martínez-de Lara, J.⁴

^{1,2,3,4} **Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, Aguascalientes. México.**

*De Luna Jiménez Alfonso: lunaji@yahoo.com; Calle Avenida Universidad Núm. 940, Col. Ciudad Universitaria, Aguascalientes, Aguascalientes. México. CP 20131; Tel. 52(449)-910-7442.

Resumen

El propósito del estudio fue evaluar el efecto de dosis crecientes de composta en el contenido de nutrientes en el suelo y en la planta. En las huertas se colectó fruta de desecho, ramas producto de la poda, pasto y estiércol de bovino en corrales de la comunidad, con estos materiales en proporciones de 25% cada uno se elaboró la composta. Se definieron siete tratamientos, que consistieron en un testigo y seis dosis (0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12 kilos de composta aplicados por árbol), cada tratamiento se repitió cuatro veces; se utilizó un diseño completamente al azar. La unidad experimental fue un árbol. Se tomaron muestras de suelo y hojas, para su análisis químico. Los resultados mostraron que la composta aumentó el contenido de N en 12.85 mg kg⁻¹, el P en 4.04 mg kg⁻¹, el Ca en 1173 mg kg⁻¹, el Cu en 0.06 mg kg⁻¹, el Zn en 0.56 mg kg⁻¹, el Mn en 4.2 mg kg⁻¹ y el B en 3.5 mg kg⁻¹.

En la planta las dosis aumentaron el N, P, Ca, Cu, Zn, Mn y el B, así como no afectaron el contenido de K, Mg, y Fe. Estos resultados señalan que existe respuesta de dosis en el incremento de nutrientes aprovechables, aunque insuficientes para subir al nivel de suficiencia para N, P, Cu, Zn y Mn, lo que se puede lograr con el tiempo al adoptar esta práctica ya que con ello se incrementa el nivel de materia orgánica y la mineralización permitiendo un aporte nutrimental a mediano y largo plazo.

La composta constituye una alternativa económica y técnicamente viable para mejorar la fertilidad del suelo y propiciar la producción orgánica de guayaba.

Palabras clave

Producción orgánica; guayabo; composta.

Introducción

En Calvillo Aguascalientes, se produce anualmente 102,910 toneladas de guayaba, lo que sitúa al estado en el segundo lugar nacional. La superficie plantada es de 7,600 hectáreas, donde predominan las variedades “China y Media China” por sus frutos de buena consistencia, amplia vida de anaquel y preferidas por el consumidor (INEGI, 2005).

El abonado tradicional consiste en aplicar 40 kilos de estiércol de bovino por árbol cada dos años. Se estima que por cada 10 toneladas de estiércol seco por hectárea se aportan 64 kilos de nitrógeno, 8.8 kilos de fósforo, 44 kilos de potasio y elementos menores (González *et al.*, 1997).

El mal uso de fertilizantes químicos, ha causado disminución en el contenido de materia orgánica y reducción de la fertilidad del suelo (Castellanos, 1981).

Se ha comprobado que la composta aumenta la retención de agua en el suelo, aporta nitrógeno, fósforo y potasio, además, mantiene el pH cercano a la neutralidad, se incrementa la actividad microbiana y reduce la erosión, por lo que constituye una estrategia promisorio para la producción orgánica de guayaba. (Pinamonti y Sicher, 2001).



Económicamente es atractivo el uso de composta, ya que el costo es menor en comparación al de los fertilizantes químicos (Trápaga y Torres, 1994).

Sin embargo, se desconocen las dosis adecuadas para incrementar la producción de fruta. Por este motivo, se planteó el objetivo de evaluar la respuesta a dosis crecientes de composta en el contenido nutrimental del suelo y de la planta.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó durante 2008 y 2010 en una huerta ubicada en la localidad de San Tadeo perteneciente al Municipio de Calvillo, Aguascalientes, México, cuya ubicación geográfica es 21° 55' Latitud Norte y 102° 41' Longitud Oeste a una altitud de 1,801 metros sobre el nivel del mar. El clima del lugar es semi-cálido con una temperatura anual entre 18° y 22 °C; en los meses de mayo, junio, julio y agosto se registran las temperaturas más altas. El promedio de precipitación pluvial es de 660 milímetros. Los vientos se desplazan en dirección suroeste-noroeste durante el verano y parte del otoño (De Luna, 2011).

La composta se elaboró, a partir de ramas molidas, pasto, fruta de desecho y estiércol de bovino recolectado en los corrales de la comunidad. Estos materiales se combinaron proporcionalmente y se colocaron en capas de 10 centímetros de espesor. Primero se dispusieron los materiales más voluminosos y al último los más finos; conforme se fueron agregando se humedecieron aplicando suficiente agua. Terminada la pila, se cubrió con plástico negro, teniendo la precaución de destaparla y voltearla manualmente una vez por semana para permitir una adecuada aireación, así como agregar agua para mantener la humedad cercana al 60% el tiempo de compostaje fue de seis meses.

Se utilizaron plantas de dos años de edad, pertenecientes a la variedad “China” que se caracteriza por producir frutos redondos, de buen tamaño y pulpa crema; plantadas a una distancia de siete metros entre plantas y siete metros entre hileras, con riego por micro-aspersión con dos aspersores por árbol y riegos cada diez días.

Se realizaron muestreos de suelo al inicio y final del experimento, se tomaron cuatro sub muestras dentro del cajete a 20 centímetros de profundidad, enseguida se colocaron sobre una manta, se revolvieron y mediante cuarteos sucesivos se dividió hasta dejar aproximadamente un kilo de muestra compuesta para cada unidad experimental. También de la parte media de brotes del año, ubicados en la periferia de los árboles en la etapa de fructificación, se tomaron muestras de 20 hojas, se calcinaron en una mufla. A las muestras de suelo y foliares se les determinó N (Destilación Semimicro-kjeldahl); P (Olsen); K, Ca y Mg (Acetato de amonio 1.0 N pH 7 y Absorción Atómica); Fe, Cu, Zn y Mn (DTPA y Absorción Atómica) y B (Fotocolorimetría de Azometina-H).

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con siete tratamientos (un testigo y seis dosis) y cuatro repeticiones dando un total de 28 árboles. Cada árbol fue considerado como una unidad experimental.

Resultados y Discusión

Contenido nutrimental en el suelo

Los rangos de suficiencia de los elementos, son orientativos y fueron utilizados para interpretar el contenido en el suelo. Se aprecia incrementos de N, en 13 mg kg⁻¹, P en 4.04 mg kg⁻¹, Ca en 1173 mg kg⁻¹, Cu, en 0.06 mg kg⁻¹, Zn en 0.36 mg kg⁻¹, Mn en 4.2 mg kg⁻¹ y el B, en 0.8 mg kg⁻¹. así como reducción en el contenido de K en 102 mg kg⁻¹, Mg, en 163 mg kg⁻¹, y Fe en 1 mg kg⁻¹ (cuadro 1).



Cuadro1. Contenido de nutrientes en el suelo al inicio y final del experimento

Elemento	Rango (mg kg ⁻¹)	2008	2010
N	10-20	3.9a	16.8c
P	15-25	12.12a	16.16a
K	175-280	1696b	1594a
Ca	1000-2000	2352a	3525c
Mg	60-180	411c	248a
Fe	2.5-5.0	3.6b	2.6a
Cu	>2.0	0.21a	0.27a
Zn	>1.5	0.26a	0.62b
Mn	>2.0	3.7b	7.9c
B	0.5-2.0	0.5a	1.3b

Diferentes letras en líneas (a..c) indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$).

En el cuadro 2, se aprecia que el suelo es pobre en N, P, Cu, Zn y Mn, ya que su contenido es menor al límite inferior del rango de suficiencia. También se señala que es muy alto en K, alto en Ca, Mg y B, y suficiente en Fe.

Cuadro 2. Efecto de la dosis en el contenido de nutrientes en el suelo

Dosis Kg/ planta	N 10-20	P 15-25	K 175- 280	Ca 1000- 2000	Mg 60- 180	Fe 2.5-5.0	Cu >2.0	Zn >1.5	Mn >2.0	B 0.5-2.0
0	5.2 a	8.4 a	1563 a	2336 a	264 a	2.80 a	0.22 a	0.42 a	1.57 a	1.87 a
2	9.3 a	11.7 a	1580 a	2926 a	312 a	2.62 a	0.22 a	0.35 a	1.35 a	1.30 a
4	9.3 a	12.2 a	1643 a	2781 a	321 a	3.15 a	0.20 a	0.82 b	1.82 a	3.27 a
6	5.8 a	9.5 a	992 a	2285 a	268 a	3.57 a	0.22 a	0.42 a	2.22 a	2.40 a
8	5.2 a	6.1 a	1593 a	1688 a	283 a	2.60 a	0.20 a	0.32 a	1.27 a	2.92 a
10	4.8 a	4.8 a	1307 a	2598 a	312 a	2.57 a	0.20 a	0.22 a	1.37 a	2.90 a
12	2.6 a	9.7 a	1082 a	2633 a	294 a	2.62 a	0.20 a	0.25 a	1.45 a	4.05 b

En las columnas letras iguales señalan que no hay diferencia significativa y letras diferentes indican diferencias significativa (Tukey, 0.05).

Independientemente de la significancia estadística, comparando las dosis con el testigo se encontró que hay respuesta para N (con las dosis 2, 4 y 6 kg árbol⁻¹), P (con las dosis 2, 4, 6 y 12 Kg árbol⁻¹), K (con la dosis 4 kg árbol⁻¹), Ca (con las dosis 2, 4, 10 y 12 kg árbol⁻¹), Mg (con todas las dosis), Fe (con las dosis 4 y 6 kg árbol⁻¹), Zn (con la dosis 4 kg árbol⁻¹), Mn (con 4 y 6 kg árbol⁻¹) y B (con las dosis 4, 6, 8, 10 y 12 kg árbol⁻¹).

Estos resultados señalan que existe respuesta de dosis en el incremento de nutrientes aprovechables, aunque insuficientes para subir al rango típico de suficiencia para N, P, Cu, Zn y Mn, lo que se puede lograr con el tiempo al adoptar esta práctica ya que con ello se incrementa el nivel de materia orgánica y la mineralización permitiendo un aporte nutrimental a mediano y largo plazo.

Contenido nutrimental en las hojas

Los resultados muestran (cuadro 3) que el contenido de nitrógeno en las hojas es insuficiente y no hay efecto de dosis ($p > 0.05$), ya que las concentraciones son menores al límite inferior de suficiencia, lo que



permite afirmar que las dosis de composta no fueron suficientes para suministrar el nitrógeno requerido por la planta.

Cuadro 3. Efecto de dosis de composta en el contenido foliar de elementos mayores (%) y menores (mg kg⁻¹)

Dosis kg/árbol	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	B
	(1.28- 1.67)	(0.14- 0.18)	(0.28- 1.69)	(0.90- 1.62)	(0.25- 0.46)	(144- 162)	(28- 32)	(10- 16)	(202- 398)	(40- 73)
0	0.95a	0.30a	1.40a	1.24a	0.18 a	88a	15.1a	12.5a	184a	144a
2	0.97a	0.27a	1.50a	1.16a	0.20 a	79a	30.6b	12.5a	161a	132a
4	0.78a	0.27a	1.57a	1.15a	0.20 a	110a	13.4a	10.6a	131a	151a
6	1.04a	0.26a	1.53a	1.27a	0.20 a	96a	27.5b	11.2a	162a	150a
8	0.79a	0.29a	1.42a	0.86a	0.18 a	92a	30.7b	7.3 a	120a	146a
10	0.85a	0.26a	1.58b	0.98a	0.23 a	115a	23.1b	7.9 a	166a	156a
12	0.93a	0.28a	1.53b	1.16a	0.20 a	113a	25.1b	6.8 a	234b	156a

Entre paréntesis se indica de manera orientativa los rangos de suficiencia para cada elemento

Por columna; promedios con la misma letra son iguales y con letra diferente son estadísticamente diferentes.

Al comparar los resultados con el testigo se aprecia que existe respuesta ($p < 0.05$) con la aplicación de 6 kilos árbol⁻¹ ya que incrementó la concentración foliar en 0.09%. También se observa (Cuadro 3) que la concentración de fósforo en las hojas es excesiva bajo todas las dosis incluyendo al testigo lo que significa que este elemento se encuentra disponible en el suelo en cantidades suficientes para satisfacer los requerimientos del guayabo y por ello no se manifestó efecto de dosis ($p > 0.05$).

Con referencia al potasio se encontró que el contenido foliar se encuentran dentro del rango de suficiencia y también se aprecia efecto positivo en todas las dosis ya que se incrementó la concentración foliar en comparación al testigo, siendo notable el efecto con la aplicación de 10 y 12 kilos árbol⁻¹ ($p < 0.05$).

En calcio la concentración foliar resultó ser suficiente, no obstante que las dosis no mostraron respuesta ($p > 0.05$), en virtud de que todos los valores son inferiores al testigo.

Las dosis no contribuyeron en la concentración foliar de magnesio, su contenido resultó deficiente, sin embargo se observa un efecto positivo en todos los casos, este resultado orienta a señalar que las dosis no fueron suficientes para satisfacer los requerimientos de la planta.

En referencia a los elementos menores los resultados señalan deficiencias foliares de hierro, apreciándose una tendencia a incrementar su concentración al incrementarse la dosis de composta, en comparación al testigo se encontró respuesta de las dosis 4, 10 y 12 kilos árbol⁻¹. Las dosis no incrementaron el contenido de cobre en las hojas, sin embargo, los resultados muestran que independientemente de la composta, el suelo suministra a la planta suficiente cobre. Con dosis bajas la concentración foliar se encontró dentro del rango de suficiencia y con dosis altas se registraron deficiencias, este resultado sugiere un posible bloqueo de este elemento. En Zinc las dosis 2 y 8 kilos árbol⁻¹ contribuyeron en incrementar la concentración en las hojas ($p < 0.05$) a niveles de suficiencia, mientras que 0 y 4 kilos árbol⁻¹ mostraron contenidos insuficientes; sin embargo es notorio que todas las dosis superaron en valores cercanos al doble en comparación al testigo, lo que señala una clara respuesta a las dosis. El contenido de manganeso fue suficiente bajo la dosis más alta (12 kilos árbol⁻¹) e insuficiente con el resto de las dosis. La concentración foliar de boro resultó excesiva ($p < 0.01$) en todas las dosis, incluyendo al testigo (0 kilos árbol⁻¹), lo que señala que las dosis no contribuyeron en incrementar la concentración.



Conclusiones

El propósito de la investigación se cumple al evaluar el efecto de la composta en el contenido de nutrientes en el suelo y en la planta. En el suelo se encontró pobreza en N, P, Cu, Zn y Mn, ya que su contenido es menor al límite inferior de suficiencia. También resultó que es muy alto en K, alto en Ca, Mg, B, y suficiente en Fe. En la planta las dosis aumentaron el N, P, Ca, Cu, Zn, Mn y el B, así como no afectaron el contenido de K, Mg, y Fe. Estos resultados señalan que existe respuesta de dosis en el

incremento de nutrientes aprovechables, aunque insuficientes para subir al nivel de suficiencia para N, P, Cu, Zn y Mn, lo que se puede lograr con el tiempo al adoptar esta práctica ya que con ello se incrementa el nivel de materia orgánica y la mineralización permitiendo un aporte nutrimental a mediano y largo plazo.

Las dosis no fueron suficientes para suministrar el nitrógeno requerido por la planta. El Fósforo, se encuentra disponible en el suelo en cantidades suficientes para satisfacer los requerimientos del guayabo y por ello no se manifestó efecto de dosis. El Potasio, incrementó la concentración foliar en comparación al testigo, siendo notable el efecto con la aplicación de 10 y 12 kilos árbol⁻¹. En Calcio, las dosis no mostraron respuesta. En Magnesio, las dosis no fueron suficientes para satisfacer los requerimientos de la planta. Los resultados señalan deficiencias foliares de hierro. Las dosis no incrementaron el contenido de cobre mientras que el Zinc, señala una clara respuesta a las dosis. El manganeso fue suficiente bajo la dosis más alta. La concentración foliar de boro resultó excesiva, las dosis no contribuyeron en incrementar la concentración.

Debido a que las dosis de composta evaluadas fueron pequeñas, las diferencias en el contenido de nutrientes en el suelo y en las hojas, no se expresan con amplitud, por lo que se sugiere que para trabajos futuros se utilicen dosis mayores.

La composta resultó en una alternativa económica y viable para mejorar la fertilidad del suelo y propiciar la producción orgánica de guayaba sin afectar al medio ambiente.

Bibliografía

- De Luna, J. A. (2013). *Estudio de la guayaba. Aguascalientes, México: UAA*. ISBN: 978-607-8285-22-8
- Castellanos, J. Z.; and PRATT, P.F. 1981. Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. Soil Sci. Am. J. 45:354-357.
- González, G. E.; L. Reyes, M.; S. Padilla, R.; C. C. Valdéz, M., F. Esquivel, V.; M. A. Perales, C. y F. Gutiérrez, A. 1997. Manejo anual para la producción de guayaba en Calvillo, Ags. Folleto para productores. Núm. 20. INIFAP-CIRNOC-CEPAB. Pabellón Ags. 14 pp.
- INEGI. 2005. Marco Geoestadístico Municipal, versión 3.1
- Pinamonti and Schier (2001). Utilización de Compost en los Sistemas de cultivo Hortícola. Universidad la rioja. Dialnet. unirioja.es/servlet/libro?codigo=5817
- SAGARPA, 2001. Programa Sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación. www.sagarpa.gob.mx
- Trápaga, Y, Torres, F. (1994) El mercado internacional de la agricultura orgánica. UNAM, IIES, Fac. Economía, DGPADA, JP. 221 pp.





PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA POSITIVELY AFFECT ROOT GROWTH AND NUTRIENT STATUS OF THE MEXICAN FAN PALM (*WASHINGTONIA ROBUSTA* WENDLAND: ARECACEAE) PLANTS.

Estrada-Luna, A.A.^{1,2*}; Camarena-Olague, E.G.¹; Olalde-Portugal, V.²

¹Escuela de Agronomía. Universidad De La Salle Bajío. Av. Universidad 602, Col. Lomas del Campestre. León, Gto., México. C.P. 37150.

²CINVESTAV-IPN. Unidad Irapuato. Km. 12.5. Libramiento Norte, Carretera Irapuato-León. Irapuato, Gto., México. C.P. 36821.

*Autor responsable: aestradaluna@yahoo.com; Atenas Núm.133, Col. Residencial Campestre, Irapuato, Gto. México. CP 36698; Tel. +52(462)-623-1497.

Resumen

We performed an experiment to study the effects of selected PGPRs on growth and nutrient content of *Washingtonia robusta*. To achieve this, a simple experiment was established under greenhouse conditions for 14 months. Inoculation with two *Bacillus subtilis* strains [BEB-Mz and BEB-B13 (Dn), one strain of *Azospirillum brasiliensis* (Az)] and all possible combinations among them, was performed to the root before transplantation. Fertilization was provided with a complete Long Ashton solution. Plant growth was evaluated at the end of the study and a foliar nutrient analysis was performed to determine the total concentration of macronutrients and some micronutrients (Fe, Mn, Cu, Na, Zn).

The roots of the control remained free of PGPRs while the inoculated plants were colonized by the PGPRs. The plant growth was positively affected by the presence of bacteria, however, MZ was superior to the other treatments in most variables. DN and the dual combination of MZ+AZ produced comparable results that were lower when compared to MZ. In contrast, the triple combination (MZ+AZ+DN) and the control had the lowest values in all variables. According to the foliar nutrient analysis, MZ enhanced the concentration of N, P, Mg, Fe and Cu, as compared to the other treatments, however, P and Mg content were not significant. The control showed increased concentrations for Ca, S and Mn, while N, P, Fe and Cu had the lowest values.

In conclusion, *Washingtonia robusta* interact with PGPRs, but the populations varied depending on the strain and the mixture tested. MZ improved the nutritional status of the plants through an increase in the content of macro and micronutrients. This difference in the nutritional status of plants promoted the development of healthier plants and increased metabolic activity, resulting in significant increases of shoot and root growth.

Palabras clave

Washington Palm; PGPRs; Plant-microorganisms interaction.

Introducción



Plants growing under natural conditions are not isolated and intimately interact with harmful

and beneficial macro and microorganisms above and underground. Beneficial microorganisms, which are those that fix atmospheric N, decompose organic wastes and residues, detoxify pesticides, suppress plant diseases and soil-borne pathogens, enhance nutrient cycling and produce bioactive compounds such as vitamins, hormones and enzymes that stimulate plant growth (Singh *et al.*, 2011) include different genus of fungi and bacteria. In particular, beneficial bacteria interact with plant roots by forming symbiotic associations (rhizobia) during biological nitrogen fixation; however, free living or non symbiotic bacteria referred as plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) including *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Pseudomonas*, etc. (Dimkpa *et al.*, 2009) enhance plant growth through several mechanisms including the synthesis of siderophores to facilitate nutrient uptake, hormones, low molecular mass compounds, enzymes synthesis or by reducing and preventing the deleterious effects of one or more pathogens (Dimkpa *et al.*, 2009; Glick, 1995; Pérez-García *et al.*, 2011; Wipat and Harwood, 1999).

The Mexican fan palm (*Washingtonia robusta* Wendland) is a multipurpose plant cultivated as indoor and outdoor ornamental, to reforest degraded areas, as natural barrier or to recover eroded soils (Bullock and Heat, 2006; Gilman and Watson, 1994; Ishihata and Murata, 1971). Data on the biology (Bullock and Heath, 2006; Gilman and Watson, 1994; Ishihata and Murata, 1971), seed germination (Estrada-Luna and Rojas-García, 2010), and culture (Gilman and Watson, 1994; Estrada-Luna, *et al.*, 2011) have recently been published; however, no information exists on the effects of the interaction PGPR - Mexican fan palm roots. Because of this, any knowledge to understand this relationship may be applied on an ecological context or to enhance plant health and growth in sustainable commercial-oriented systems where chemical, water and nutrient inputs need to be reduced, and pathogen stresses are common production constrains. In this study we evaluated the effects of selected PGPRs on nutrient uptake and plant growth and assess PGPR root colonization.

Materiales y Métodos

A glasshouse study was conducted as simple experiment to evaluate the effects of three selected plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) [*Bacillus subtilis* BEB-B13 (Dn), *B. subtilis* BEB-Mz, *Azospirillum brasiliensis* BEB-Az] and their double and triple combinations (total treatments= 8), on plant growth and performance and root nutrient uptake. The PGPR treatments were inoculated by pipetting 30 mL of liquid inoculum directly on the roots, which corresponded to 5×10^6 cells. Plants were irrigated as needed with distilled water and fertilized every week with the complete Long Ashton nutrient solution (250 mL for the initial 4 months of culture and 500 mL for the following 10 months) that was adjusted to a pH of 5.8.

At the end of the study, several growth measurements including leaf number, plant height (cm), root, shoot, total plant fresh (FM) and dry mass (DM) (g) were determined in all treatments. In addition, root:shoot and shoot:root ratio were calculated with the root and shoot DM data. Mineral nutrient analysis was performed from the aerial part of the plants (four mature and expanded leaves) to determine total concentration of all macronutrients and some



micronutrients (Fe, Mn, Cu, Na, Zn). Samples were digested with a 2:1 HNO₃/HClO₄ solution. Root colonization by PGPRs was also determined through soil samples (500 g) obtained from each pot. These samples were treated to obtain bacteria cultures grown for 24 h at 30° C of temperature in an incubator imperial (Labine Instrumenta, Inc. Melros Park, IL, EUA). The colony forming units (CFU) were then determined by using an automaster spiral plater (Autoplate 4000, Spiral Biotech, inc., Bethesda, MD, EUA).

Resultados y Discusión

By the time of 52harvesting5252the experiment, the *Washingtonia robusta* W. plants interacted with all strains of PGPR tested and developed dense populations on the rhizosphere zone, which varied according to the inoculum colonizing the roots. Roots of the control treatment remained free of PGPRs while the inoculated plants were colonizedin a range that5252varied from 0.50 to 54.36 CFU/mL depending on the experimental treatment. The highest values were obtained by treatments5252AZ52+DN (54.36 CFU52/mL) and AZ (38.3 CFU52/52mL);52however, 52the triple combination AZ52+MZ52+52DN (0.5052CFU/mL) was found to be the lowest value.

Our results provide the first set of data showing that PGPR can enhance nutrient status of *Washingtonia robusta* H. Wendland plants (Table 1, 2).52The nutritional analysis showed52in general, that inoculation with the strain MZ52produced52the highest concentration5252of52N, P, Mg, Fe and Cu in foliar tissues,52as compared to52the other treatments, however, in some cases52there was no statistical significance (Table 1, 2).52In contrast to this,52the control treatments52showed the highest nutrient concentrations for Ca, S and Mn, but their concentrations of N, P, Fe and Cu were the lowest. In regarding to the inoculated treatments, our results show that bacilliproduced much better results when compared to *Azospirillum*. Dual combinations including MZ (MZ+DN or MZ+AZ) produced good results.

Table 1. Effects of selected Plant Growth Promoter Rhizobacteria on leaf macronutrients content of Mexican Fan Palm (*Washingtonia robusta* H. Wend) plants after 14 months of culture.

PGPR-Treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (ppm)
Control	1.25 ab	0.11 a	3.75 ab	1.32 a	0.05 a	3712.50 ab
Mz	1.34 a	0.14 a	4.11 ab	0.99 a	0.07 a	2272.28 c
Dn	1.22 ab	0.12 a	3.95 ab	1.05 a	0.05 a	2833.07 bc
Az°	1.20 ab	0.12 a	3.81 ab	1.03 a	0.05 a	3059.03 bc
Mz X Dn	1.27 ab	0.14 a	4.30 a	1.05 a	0.05 a	3675.35 ab
Mz X Az	0.88 b	0.13 a	3.69 ab	1.10 a	0.04 a	3147.87 bc
Az X Dn	1.32 ab	0.12 a	4.21 a	1.27 a	0.06 a	4166.57 a
Mz X Az X Dn	1.30 ab	0.13 a	3.19 b	1.00 a	0.05 a	3629.33 ab

·PGPR: Plant Growth Promoter Rhizobacteria, ·MZ= *Bacillus subtilis* BEB-Mz, °DN= *Bacillus subtilis* BEB-B13 (Dn), °AZ= *Azospirillum brasiliensis* BEB-Az.



Improvement in nutrient uptake resulted, in general, in better nutritional status of inoculated plants and enhanced overall shoot growth and root development (Table 3, 4). Plants interacting with strain MZ produced increased values in most of the variables measured to characterize the shoot growth including total plant fresh and dry weight, leaf fresh and dry weight of.

However, some of these variables (leaf fresh weight and plant dry weight) did not reach statistical significance. The strain DN and the dual combination of MZ+53AZ produced comparable results with lower values as compared to 53MZ. In contrast to this, and consistently, treatment with the triple combination (MZ+53AZ53+53DN) and the control were the worst in all variables, thus showing lower average values. Greater carbon partitioning occurred in the root system of inoculated plants with *Bacillus subtilis* BEB-MZ, which increased cumulative fresh and dry mass. The higher root:shoot ratio obtained from the plants treated with PGPRs (>1.0) compared to control plants was an indication of changes in carbon partitioning and more effective root function (Table 3, 4).

Table 2. Effects of selected Plant Growth Promoter Rhizobacteria on leaf micronutrients content of Mexican Fan Palm (*Washingtonia robusta* H. Wendland) plants after 14 months of culture.

PGPR Treatment	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
Control	178.06 c	16.00 a	15.56 d	170.11 a
Mz	370.83 ab	22.06 a	17.14 bcd	114.75 b
Dn	283.89 bc	16.56 a	16.22 cd	136.00 ab
Az ^o	203.17 c	19.33 a	20.60 abc	114.31 b
Mz X Dn	521.67 a	19.94 a	23.51 a	129.86 ab
Mz X Az	281.83 bc	17.22 a	20.19 abc	134.39 ab
Az X Dn	165.56 c	17.67 a	20.84 ab	137.08 ab
Mz X Az X Dn	245.00 bc	18.50 a	24.09 a	120.78 ab

PGPR: Plant Growth Promoter Rhizobacteria, MZ= *Bacillus subtilis* BEB-Mz, DN= *Bacillus subtilis* BEB-B13 (Dn),
 °AZ= *Azospirillum brasiliensis* BEB-Az

Table 3. Effects of selected PGPRs on growth and development (Fresh Weight) of Mexican Fan Palm (*Washingtonia robusta* H. Wendland) plants after 14 months of culture.



PGPR-Treatment	Root (g)	Stem (g)	Leaf (g)	Shoot (g)	Plant (g)	Height (cm)	Leaf Number
Control	243.50 ab	84.88 a	64.38 a	149.25 c	392.75 ab	63.50 a	12.00 a
<i>Mz</i>	298.88 a	98.50 a	76.38 a	174.88 a	473.75 a	64.00 a	12.13 a
<i>Dn</i>	283.25 a	95.88 a	70.05 a	166.38 ab	449.63 a	63.63 a	12.38 a
<i>Az</i>	244.88 ab	101.00 a	76.00 a	177.00 a	421.88 ab	63.75 a	12.38 a
<i>Mz X Dn</i>	241.38 ab	91.63 a	67.50 a	159.13 ab	400.50 ab	62.88 a	12.00 a
<i>Mz X Az</i>	273.88 ab	89.75 a	71.00 a	160.75 ab	434.63 ab	62.75 a	12.13 a
<i>Az X Dn</i>	267.13 ab	96.88 a	68.13 a	165.00 ab	432.63 ab	64.13 a	12.25 a
<i>Mz X Az X Dn</i>	218.75 b	77.88 a	63.88 a	141.75 c	360.50 b	61.00 a	11.75 a

PGPR: Plant Growth Promoter Rhizobacteria, *Mz*= *Bacillus subtilis* BEB-Mz, *Dn*= *Bacillus subtilis* BEB-B13 (Dn), *Az*= *Azospirillum brasiliensis* BEB-Az.

Table 4. Effects of selected PGPRs on growth and development (Dry Weight) of Mexican Fan Palm (*Washingtonia robusta* H. Wendland) plants after 14 months of culture.

PGPR-Treatment	Root (g)	Stem (g)	Leaf (g)	Shoot (g)	Plant (g)	Root to Shoot ratio (g g ⁻¹)	Shoot to Root ratio (g g ⁻¹)
Control	48.38 a	26.75 a	24.00 a	50.75 a	99.13 a	0.96 a	1.06 a
<i>Mz</i>	55.25 a	29.00 a	26.38 a	55.38 a	110.63 a	1.01 a	1.02 a
<i>Dn</i>	54.63 a	29.50 a	25.63 a	55.13 a	109.75 a	1.00 a	1.02 a
<i>Az</i>	46.63 a	30.00 a	27.38 a	57.38 a	104.00 a	0.85 a	1.26 a
<i>Mz X Dn</i>	48.25 a	27.63 a	23.75 a	51.38 a	99.63 a	0.97 a	1.12 a
<i>Mz X Az</i>	53.50 a	27.25 a	26.38 a	53.63 a	107.13 a	1.01 a	1.05 a
<i>Az X Dn</i>	48.25 a	28.63 a	24.50 a	53.13 a	101.38 a	0.90 a	1.33 a
<i>Mz X Az X Dn</i>	42.25 a	30.13 a	23.00 a	53.13 a	95.38 a	0.87 a	1.25 a

PGPR: Plant Growth Promoter Rhizobacteria, *Mz*= *Bacillus subtilis* BEB-Mz, *Dn*= *Bacillus subtilis* BEB-B13 (Dn), *Az*= *Azospirillum brasiliensis* BEB-Az.

Conclusiones

It is concluded that *Washingtonia robusta* H. Wendland is able to interact with selected strains of PGPRs, however, bacterial populations varied according on the strain and the



mixture evaluated. After 14 months of inoculation, MZ enhanced the nutritional status of *Washingtonia robusta* H. Wendland through an increase in the content of macronutrients N and P and micronutrients Fe and Cu. This difference in the nutritional status of plants promoted the development of healthier plants and greatly increased metabolic activity, resulting in significant increases of plant growth in general.

Agradecimientos

Authors want to thank for the economical support provided by the Universidad De La Salle Bajío through the Office of the Research Council and CINVESTAV-IPN to allow the use of facilities to perform this study.

Bibliografía

- Bullock, S.H. and D. Heath. 2006. Growth rates and age of native palms in the Baja California desert. *Journal of Arid Environments* 67: 391–402.
- Dimkpa, C., T. Weinand, F. Asch. 2009. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. *Plant, Cell & Environment* 32: 1682-1694.
- Estrada-Luna, A.A., A. Rojas-García. 2010. Improving Germination of seeds of Mexican Fan Palm (*Washingtonia robusta* H. Wendland) through physical and chemical treatments. 2010 SNA Research Conference 56: 314-318.
- Estrada-Luna, A.A., H.C. Morales-Torres, V. Olalde-Portugal, E.G. Camarena-Olague and J.C. Romero-González. 2011. Effect of Cell Size on Growth and Physiology of Mexican Fan Palm (*Washingtonia robusta* H. Wendland: Arecaceae) Seedlings. 2011 SNA Research Conference 56: 389-392.
- Gilman, E.F. and D. G. Watson. 1994. *Washingtonia robusta* Washington Palm. Fact Sheet ST-670, a series of the Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 1-4pp.
- Glick BR. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41: 109-117.
- Ishihata, K. and H. Murata. 1971. Morphological Studies in the Genus *Washingtonia*: On the Intermediate Form between *Washingtonia filifera* (L. Linden) H. Wendland and *Washingtonia robusta* H. Wendland. *Ibusuki Experimental Botanic Garden*. 331-354pp.
- Pérez-García, A., D. Romero, A. de Vicente. 2011. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture. *Current Opinion in Biotechnology* 22: 187-193.
- Singh, J.D., V.C. Pandey, D.P. Singh. 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environment development. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140: 339-353.
- Wipat, A. and C.R. Harwood. 1999. The *Bacillus subtilis* genome sequence: the molecular blueprint of a soil bacterium. *FEMS Microbiology Ecology* 28: 1-9.





RENDIMIENTO Y PROPIEDADES BIOQUÍMICAS EN TOMATE BAJO DIFERENTES DOSIS DE ESTIÉRCOL BOVINO SOLARIZADO

Gallegos-Robles, M. A.^{1*}; Gonzáles-Salas, U.¹; Candelas Cadillo, M.G.²; Vázquez-Vázquez, C.¹; Orona-Castillo, I.¹; García-Hernández, J. L.¹; Luna-Ortega J. G.³

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Pal., Dgo., México.

²Facultad de Ciencias Químicas-Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Pal., Dgo., México

³Universidad Politécnica de la Región Laguna, México

*Gallegos-Robles Miguel Ángel: magallegos@ujed.mx; Calle Domicilio conocido Ejido Venecia. Km. 35 Carretera Gómez Pal.-Tlahualilo, Gómez Palacio, Durango. México. CP 35000; Tel. +52(871)-754-1643

Resumen

El uso más común del estiércol bovino en la Comarca Lagunera, es su incorporación al suelo para la producción agrícola. Es importante aplicar el estiércol en dosis acordes a su contenido de nitrógeno (N) disponible, para reducir gastos en fertilizantes y los riesgos de contaminación del agua subterránea. La presente investigación se realizó para evaluar el efecto de estiércol bovino solarizado sobre la producción de tomate variedad Condesa tipo Saladette. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones: T1= 67 Mg ha⁻¹, T2= 54 Mg ha⁻¹, T3= 40 Mg ha⁻¹ y T4= 81 Mg ha⁻¹. Las variables evaluadas fueron: diámetro de tallo, diámetro ecuatorial y polar, grados brix, licopeno, actividad antioxidante de fruto, número de frutos y rendimiento; las variables de suelo fueron: materia orgánica, calcio, magnesio, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno y nitratos. Los resultados señalan que el mejor tratamiento para rendimiento fue el de 81 Mg ha⁻¹ con valor medio de 8.84 ton ha⁻¹, y en relación al contenido de licopeno el mejor fue el de 54 Mg ha⁻¹. Para la variable de grados brix (GB) el mejor tratamiento fue el de 81 Mg ha⁻¹, con una media de 3.03. La comparación de medias para MO mostró que el mejor tratamiento fue el de 81 Mg·ha⁻¹ con un valor de 2.24 %, siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos. El contenido de nitratos más alto lo promovió el tratamiento de 81 Mg·ha⁻¹ con un valor de 12.90 ppm.

Palabras clave

Estiércol; tomate; licopeno

Introducción

La materia orgánica constituye la principal reserva natural de los nutrientes potencialmente asimilables por las plantas. La conservación y el manejo de la misma es la vía más económica para optimizar la nutrición vegetal y desempeña, por lo tanto, una función importante en la fertilidad del suelo y del sustrato. Dentro de muchos de los materiales que se utilizan actualmente en la práctica de la agricultura orgánica, el estiércol es uno de los más utilizados en México y en muchas partes del mundo porque ha demostrado que contiene una gran cantidad de minerales que son asimilables por los cultivos. En la actualidad la comarca lagunera es la cuenca lechera más importante de México con cerca de 500 mil cabezas de bovino lechero (Salazar-Sosa *et al.*, 2007) y una producción anual de 925,000 Mg de estiércol base a materia



seca con una aportación de N de 1.6 % con base a peso seco o 14,800 Mg año⁻¹ (Figueroa-Viramontes *et al.*, 2009). El estiércol como aportador de nitrógeno principalmente, se utiliza en todos los cultivos incluyendo el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), siendo esta la hortaliza más importante en México debido a que se adapta a la mayoría de las regiones, además de ser la hortaliza más exportada y la que ocupa mayor cantidad de mano de obra. El tomate juega un papel muy importante en la salud humana, porque tiene grandes aportaciones de minerales, vitaminas, fibra y antioxidantes, siendo este grupo el más importante para la salud, ya que en estudios recientes indican que el consumo de tomate fresco protege contra enfermedades como cánceres del tracto digestivo y la glándula prostática (Blumet *et al.*, 2005). Los consumidores de la actualidad piden productos agrícolas producidos orgánicamente, inocuos y de alto nivel nutritivo, por tal razón este trabajo se realizó con la finalidad de hacer una recomendación adecuada sobre el uso de cantidades de estiércol previamente solarizado en el cultivo de tomate, para obtener producciones aceptables con un alto contenido nutrimental en los frutos. Los objetivos fueron determinar la respuesta del tomate tipo saladette a diferentes dosis de estiércol bovino solarizado y determinar los cambios en las propiedades químicas del suelo en diferentes dosis de estiércol bovino solarizado.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el área experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, localizada en el Ejido Venecia, Km 32 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo en el Estado de Durango. Se hizo un sistema de labranza convencional, consistente en un barbecho, rastreo en seco y nivelación, se aplicó el estiércol bovino solarizado incorporándolo al suelo mediante un rastreo para después preparar las camas. El método de establecimiento del cultivo fue el trasplante, por lo que se seleccionaron plantas con más de tres hojas verdaderas, este se realizó el día 15 mayo del 2011, utilizando la variedad Condesa tipo saladette. El cultivo se estableció a una distancia de 1.84 m entre camas meloneras y de 0.45 m entre plantas, para una densidad de población de 11,988 plantas ha⁻¹. El riego fue con agua rodada, se realizó un riego de pre-siembra de una lámina de riego de aproximadamente 25 cm y tres riegos de auxilio con intervalo de 20 días y una lámina de riego de 15 cm aproximadamente. Los tratamientos de estiércol que se evaluaron fueron: 120 UN (81 Mg ha⁻¹), 100 UN (67 Mg ha⁻¹), 80 UN (54 Mg ha⁻¹) y 60 UN (40 Mg ha⁻¹), y se distribuyeron al azar con tres repeticiones cada uno. Las variables evaluadas en las plantas fueron: Diámetro de tallo (DT), Número de frutos (NF), Diámetro ecuatorial (DE), Diámetro polar (DP), Grados Brix (GB), Contenido de licopeno (Lico), Actividad antioxidante (AA) y Rendimiento (Rto). Se realizaron cuatro muestreos de suelo a una profundidad de 0-15 cm en la cama central de cada parcela, uno después de incorporar el estiércol solarizado y antes de trasplantar, los otros tres se realizaron uno cada vez que se cosechó. Las variables del suelo fueron: Conductividad eléctrica (CE), Potencial de hidrógeno (pH), Nitratos (NO³), Materia orgánica (MO). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La comparación de medias se realizó con DMS (P≤0.05).

Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se muestra el análisis de varianza para las variables evaluadas en la planta, donde se muestra que las variables diámetro de tallo, número de frutos y rendimiento fueron estadísticamente significativas (p≤0.01) en la fuente de variación tratamientos, el contenido de



licopeno mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la fuente de variación tratamientos, mientras que diámetro ecuatorial, rendimiento y grados brix fueron altamente significativos ($p \leq 0.01$) en la fuente de variación cortes, diámetro polar mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la fuente de variación cortes. La actividad antioxidante no mostró diferencias significativas en ninguna fuente de variación.

Cuadro 1. Cuadrados medios y su significancia para las variables de la planta evaluadas en tratamientos de estiércol solarizado de bovino.

FV	GL	DT	NF	DE	DP	Rto	GB	Lico	AA
Rep	2	0.0225	238.6944	0.0400	0.3790	1.2972	0.0169	1214.8	0.0026
Trat	3	0.9225**	514.7407**	0.0270	0.0143	3.8954**	0.6763	339.1478*	0.0012
Cortes	2	0.0000	2067.1111	1.1697**	1.0699*	88.7425**	23.7302**	552.2920	0.0007
Trat*Corte	6	0.0000	276.7407	0.1469	0.4037	9.7522	0.2121	964.8056*	0.0003
Error	22	0.0688	176.452	0.1303	0.2666	8.1197	0.4014	192.8512	0.0007
CV		13.2	34.2	7.6	8.0	36.0	22.9	18.5	8.8

En el cuadro 2 se puede observar que en el tratamiento de 81 Mg ha⁻¹ es donde se observó el valor promedio más alto para las variables diámetro de tallo, diámetro ecuatorial, rendimiento y grados brix. Mientras que en el tratamiento de 54 Mg ha⁻¹, las variables con los valores promedio más altos fueron número de frutos y contenido de licopeno. En la variable de licopeno si hubo diferencia significativa en el tratamiento de 54 Mg ha⁻¹ (80 UN) con respecto a los otros tres tratamientos, esta diferencia podemos atribuírsela a que la planta de tomate tiende a generar más contenido de licopeno en sus frutos bajo condiciones de estrés, dentro de los cuales se encuentra el estrés por deficiencia nutricional. Existe información que señala que en las plantas y algas verdes, los genes involucrados en la producción de carotenoides tienden a ser sobre regulados por la luz en combinación con condiciones reducidas de nitrógeno (Vidhyavathiet *al.*, 2008). La variable actividad antioxidante no mostró variación significativa entre los tratamientos.

Cuadro 2. Comparación de medias para las variables de la planta con tratamientos de estiércol solarizado de bovino.

Trat	DT cm	NF	DE Cm	DP cm	Rto Mg ha ⁻¹	GB	Lico µg g ⁻¹	AA µmol g ⁻¹	T
40 Mg ha ⁻¹	1.70 b	37.11 b	4.76 a	6.46 a	22.67 b	2.82 b	75.07 b	0.32 a	
54 Mg ha ⁻¹	1.93 b	47.88 a	4.65 a	6.44 a	23.72 b	2.37 b	80.52 a	0.30 a	
67 Mg ha ⁻¹	1.83 b	29.66 b	4.70 a	6.44 a	23.33 b	2.78 b	77.21 b	0.29 a	
81 Mg ha ⁻¹	2.43 a	40.44 b	4.77 a	6.37 a	26.84 a	3.03 a	66.17 b	0.29 a	
DMS	0.25	12.98	0.35	0.50	2.78	0.61	13.57	0.02	

Valores con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba DMS ($P \leq 0.05$)

El cuadro 3 muestra el análisis de varianza para las variables evaluadas en el suelo. Se observan diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para tratamientos únicamente en la



conductividad eléctrica. Diferencias significativas para la fuente de variación corte en las variables Magnesio y CE. Diferencias significativas en la interacción tratamiento por corte en la variable Calcio. Materia orgánica, pH y nitratos no presentaron diferencias significativas.

Cuadro 3. Cuadrados medios y su significancia para las variables del suelo evaluadas en tratamientos de estiércol solarizado de bovino.

FV	GL	MO %	Ca meq L ⁻¹	Mg meq L ⁻¹	CE dS m ⁻¹	pH	NO ³ ppm
Rep	2	0.0646	16.9733	23.8719	1.2529	0.0104	269.1282
Trat	3	0.2038*	102.7363	83.0793	3.9858**	0.0433	45.5442
Corte	2	0.3391	117.2800	183.1952*	3.3633*	0.0061	42.8662
Trat*Corte	6	0.2482	125.7718*	73.9968	1.8649	0.0262	47.2247
Error	22	0.1124	48.6678	50.2461	0.7934	0.0292	34.5581
CV		16.0	19.0	24.0	16.5	2.1	24.0

El cuadro 4 muestra que el contenido de MO fue más alto en el tratamiento de 81 Mg ha⁻¹, así mismo el contenido de nitratos fue más alto en este mismo tratamiento, aunque la diferencia no fue significativa respecto a los demás tratamientos. En la conductividad eléctrica (CE) existe una diferencia significativa para el tratamiento de 81 Mg ha⁻¹ con un valor medio de 6.34, seguido de los tratamientos 54 Mg ha⁻¹, 67 Mg ha⁻¹ y 40 Mg ha⁻¹, lo que indica que estos niveles de estiércol puede presentar problemas de salinidad, sobre todo cuando se aplican estas dosis cada año (Salazar-Sosa *et al.*, 2004), ya que de acuerdo con Salazar *et al.* (2007), 4 dS·m⁻¹, es un valor común para diferenciar suelos normales de suelos salinos, y se ha encontrado que el tomate desarrolla y produce buenas cosechas no rebasando este límite (Abdul-Bakiet *al.*, 1996). La recomendación para evitar subir la conductividad eléctrica, es hacer aplicaciones alternadas.

Cuadro 4. Comparación de medias para las variables del suelo con tratamientos de estiércol solarizado de bovino.

Tratamiento	MO %	Ca meq L ⁻¹	Mg meq L ⁻¹	CE dS m ⁻¹	pH	NO ³ ppm
40 Mg ha ⁻¹	2.15 b	38.06 a	32.47 a	4.82 b	7.80 a	7.45 a
54 Mg ha ⁻¹	2.06 b	39.06 a	29.97 a	5.30 b	7.75 a	10.88 a
67 Mg ha ⁻¹	1.89 b	37.42 a	30.13 a	5.07 b	7.87 a	10.36 a
81 Mg ha ⁻¹	2.24 a	31.60 a	25.23 a	6.34 a	7.90 a	12.90 a
DMS	0.32	6.82	6.92	0.87	0.16	5.74

Conclusiones

Se observó una tendencia normal de aumentar el rendimiento con la dosis más alta de estiércol, la cual aportó más nitrógeno, sin embargo, también se observó un aumento en la conductividad eléctrica al aumentar la cantidad de estiércol aplicado, por lo que se deberá



buscar una dosis optima que maximice el rendimiento sin que este se vea afectado por las sales presentes en el estiércol. Se observó también la tendencia a aumentar más el contenido de licopeno en las dosis bajas, por lo que si el objetivo es producir frutos con altos contenidos de licopeno se deberá buscar una dosis que maximice esta variable.

Agradecimientos

A la Universidad Juárez del Estado de Durango y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por apoyar este proyecto.

Bibliografía

- Abdul-Baki A., J.R.Tesalde, R.Korcak, and D.J.Chitwood. 1996. Fresh-market tomato production in a low-input alternative system using cover-crop mulch. *Hort Science* 31: 65.
- Blum, A., M. Monir, I. Wirsansky, and S. Ben-Arzi. 2005. Review article: the beneficial effects of tomatoes. *Eur J InternMed.* 16(6):402-4
- Figuroa-Viramontes, U., G. Núñez-Hernández, J.A. Delgado, J.A. Cueto-Wong y J.P. Flores-Margez. 2009. Estimación de la producción de estiércol y de la excreción de nitrógeno, fósforo y potasio por bovino lechero en la Comarca Lagunera. pp. 128-151. *In:* I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H. (eds.). Agricultura orgánica. FAZ-UJED, SMCS. Gómez Palacio, Dgo., México.
- Salazar-Sosa E.; C. Vazquez-Vazquez, J.A. Leos-Rodriguez, M. Fortis-Hernández, J.A. Montemayor-Trejo, R. Figuroa-Viramontes y J.D. Lopez-Martinez. 2004. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo riego sub-superficial. *Rev. Int.Bot. Exp.* 73: 259-273.
- Salazar-Sosa, E., H.I. Trejo-Escañero, C. Vázquez-Vázquez, J. López-Martínez. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla con aplicaciones de estiércol bovino. *Rev. Int. Bot. Exp.* 76: 169-185.
- Vidhyavathi, R., L. Venkatachalam, R. Sarada and G.A. Ravishankar. 2008. Regulation of carotenoid biosynthetic genes expression and carotenoid accumulation in the green alga *Haematococcus pluvialis* under nutrient stress conditions. *J. Exp. Bot.* 59(6):1409–1418





APROVECHAMIENTO DE LOS EFLUENTES DEL BIODIGESTOR DE BETA SAN GABRIEL EN MAIZ (*Zea mays* L.) PARA FORRAJE.

Gallegos-Ponce* A.¹; Silos-Córdova, S. G.¹; Ordaz-Vargas, S.²

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia

²Establo BETA SAN GABRIEL S.P.R. de R.L. de C.V

*Autor de contacto: gantonio95@yahoo.com.mx. Apartado Postal. 1-142 Gómez Palacio Durango México Teléfono 871-7118875

Resumen

Con el objetivo de determinar el grado de aprovechamiento de los efluentes líquidos de biodigestor con respecto al fertilizante químico se planteó el presente trabajo de investigación. El trabajo fue desarrollado en el predio las Vegas del módulo 21 de producción agrícola de la empresa BETA SAN GABRIEL S.P.R. de R.L. de C.V. Esta área se ubica entre los paralelos 25°47'53" y 25°48" N y los meridianos 103°14' 37" y 104°47'43", con una altitud de 1110 msnm. Localizada en el Municipio de Francisco I. Madero en el Estado de Coahuila México. De acuerdo a la clasificación climática de la Comarca Lagunera es de tipo desértico con escasa humedad atmosférica y precipitación pluvial promedio de 240 mm anuales. El material genético utilizado fue el híbrido de maíz 30S49 de ciclo intermedio recomendado para la Comarca Lagunera de color amarillo. Se estableció en un sistema de producción tradicional. Se aplicó un riego de pre siembra y tres auxilios, la fuente del agua de riego fue el factor de estudio. Se hizo una aplicación de urea, el 05 de mayo, con una dosis de 350 Kg ha⁻¹, en los tratamientos correspondientes de acuerdo al diseño establecido en el proyecto. Las variables de respuesta fueron: MO, CE, NO₃, PO₄, K. Concluyendo que los efluentes del biodigestor como fuente de riego pueden ser una opción sustentable con respecto al fertilizante químico.

Palabras clave

Biodigestor; efluente; fertilidad

Introducción

La Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera en México con más de 400 mil cabezas de ganado lechero (SIAP, 2013). Las cuales producen alrededor de 6.5 kg de MS día⁻¹ animal⁻¹ (López-Calderón *et al* 2013). Una de las opciones que ofrece rentabilidad y beneficios al medio ambiente en la utilización de estos desechos orgánicos es la generación de Biogás por medio de los Digestores Anaeróbicos, y tener fuentes de energía alterna. Pero consigo trajo otro beneficio para la agricultura en lo que a fertilizantes orgánicos se refiere (Sánchez-Mejorada, 2012). Las características del fertilizante orgánico producido dependerán de una serie de factores entre los que prevalece el tipo de estiércol utilizado. El material resultante de los biodigestores, tiene dos fuentes de fertilización, la primera son los lodos orgánicos, y la otra son los efluentes (aguas residuales del bio-digestor) líquido prácticamente sin olor debido a que las sustancias provocadoras del mal olor son reducidas casi en su totalidad en función al tiempo de retención. Los cuales puede ser usado como abono y como acondicionador del suelo, pues los



nutrientes como el nitrógeno se tornan más disponibles, mientras los otros como el fósforo y el potasio no se ven afectados en su contenido y su disponibilidad (Hilbert, 2010. López, 2003. Varnero, 2011). Además la relación carbono/nitrógeno no presenta el riesgo de que los microorganismos que llevan a cabo la degradación final en el suelo compitan por el nitrógeno con las plantas (ICAITI, 1989). El gran número de cabezas de ganado genera una demanda alta de forrajes lo cual es proveído con maíz, alfalfa, sorgo forrajero, avena y otros cereales de invierno estos cultivos en conjunto ocupan más del 70% de la superficie establecida en la Región Lagunera (López-Calderón *et al* 2013). El cultivo de maíz sirve como un forraje de alta energía, requiere menos trabajo para producir una tonelada de forraje que muchos otros cultivos forrajeros. Además puede reciclar grandes cantidades de nutrientes especialmente de nitrógeno y potasio. Por consiguiente, la eficiencia de transformación de forraje a leche es una necesidad relevante para el productor y problema a atender por la parte técnica (Peña, 2011, Núñez, *et al* 2000). Por lo cual se propone como objetivo del presente trabajo el de determinar el grado de aprovechamiento de los efluentes líquidos de biodigestor con respecto al fertilizante químico.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el predio de la PP Las Vegas del Módulo de Producción Agrícola 21 de la Empresa BETA SAN GABRIEL S.P.R. de R.L. de C.V. Esta área se ubica entre los paralelos 25°47'53" y 25°48" N y los meridianos 103°14' 37" y 104°47'43", con una altitud de 1110 msnm. Localizada en el Municipio de Francisco I. Madero en el Estado de Coahuila México. Esta región conforma el distrito de riego No. 17. De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973), el clima de la Comarca Lagunera es de tipo desértico con escasa humedad atmosférica y precipitación pluvial promedio de 240 mm anuales; el periodo de lluvia comprende de mayo a septiembre donde ocurre 70% de la precipitación. En la mayor parte de la región se tiene una evaporación anual de 2,600 mm y una temperatura media de 20 °C. Sin embargo, durante la primavera y verano (de mayo a agosto) la temperatura oscila en los 40 °C, lo que causa estrés hídrico y térmico a los cultivos (López *et al.*, 2010, Aguirre 1981). La preparación del terreno para el establecimiento se llevó a cabo mediante una labranza convencional en las empresas de producción de forraje, que consisten en; Barbecho, Rastreo, Bordeo, Nivelación con láser. La siembra se llevó a cabo en húmedo en el ciclo agrícola primavera-verano con fecha 04 de Abril del 2012. El material genético utilizado fue el híbrido de maíz 30S49 de la compañía Pioneer de ciclo intermedio recomendado para la Comarca Lagunera (DuPont Pioneer 2014) de color amarillo (SNICS 2014). Se estableció en un sistema de producción tradicional con una distancia entre surcos de 75 cm y 12.5 cm entre plantas con una densidad de población de 96,779 plantas por hectárea. Se aplicó un riego de pre siembra y tres auxilios, la lámina y la frecuencia de riego se presentan en el Cuadro 1, la fuente del agua de riego fue el factor de estudio (Cuadro 2). Se hizo una aplicación de urea, el 05 de mayo, con una dosis de 350 Kg ha⁻¹, en los tratamientos correspondientes de acuerdo al diseño establecido en el proyecto. El control de plagas y malezas se realizaron después de hacer un monitoreo constante y de acuerdo a esto se hicieron las aplicaciones correspondientes las cuales fueron; para la maleza *Amaranthushybridus* se aplicó Banvel 12-24 (Syngenta) el 30 de abril del con una dosis de un litro por hectárea. Para el control de Araña Roja (*Tetranychusurticae*) se utilizó el producto



Oberon (Bayer CropScience) 0.5 l por hectárea el 01 de mayo. Para *Spodoptera exigua* se aplicó Lorsban (Dow AgroSciences) 1.3 l ha⁻¹ el 05 de mayo.

Cuadro 1. Cronograma de riegos de *Zea mays* en la Comarca Lagunera 2012.

Riego	DDS	Lamina (cm)	Fase fenológica del cultivo
Aniego	----	20	-----
1 ^{er} . Auxilio.	38	15	Diferenciación de órganos reproductivos
2 ^{do} . Auxilio.	64	15	Inicio de crecimiento de mazorca
3 ^{er} . Auxilio.	76	15	Grano lechoso

DDS = Días después de la siembra

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el cultivo de *Zea mays* en la Comarca Lagunera 2012.

FUENTE	IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Agua de Noria	N	Solo Riego con Agua de Pozo Profundo
Agua de la Noria + Fertilizante Químico	NF	Riego con agua del pozo profundo y la aplicación de 350 kg de Urea por hectárea
Agua de la Noria + Efluente del Biodigestor + Fertilizante Químico	NBF	Riego con agua del pozo profundo más el efluente del biodigestor y la aplicación de 350 kg de Urea por hectárea.
Agua de la Noria + Efluente del Biodigestor	NB	Riego con agua del pozo profundo más el efluente del biodigestor
Efluente del Biodigestor + Fertilizante Químico	BF	Riego con efluente del biodigestor y la aplicación de 350 kg de Urea por hectárea.
Efluente del Biodigestor	B	Riego con efluente del biodigestor

Se realizó un análisis del agua del pozo profundo y de acuerdo al diagrama para clasificación de aguas de riego del Dpto. de Agricultura de los Estados Unidos de América se clasificó como C2 S1. La cual es un agua de salinidad de ligera a media, puede usarse para el riego siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerables a las sales, ya que es mínima la probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. En el análisis del efluente del bio-digestor se determinaron en la salida de este los ácidos Fúlvico y Húmico encontrando 0.289 y 0.141 % respectivamente. El análisis de varianza (ANOVA) de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute, IncSystemfor Lineal Models, ThirdEdition, Cary, NC, USA), y cuando se presentó un valor significativo, se utilizó el método de Duncan ($P < 0.05$) para definir las diferencias específicas entre tratamientos utilizando el mismo paquete de análisis estadístico Las variables de respuesta fueron:**Análisis de Fertilidad**, después de la cosecha se hizo un muestreo de suelo en el sustrato de 0 -30 cm, el muestreo se hizo en zigzag, se tomaron diez muestras de cada tratamiento y de estas se hizo una compuesta. Las muestras obtenidas de cada tratamiento fueron enviadas al laboratorio **phytomonitor S.A. de C.V.** al final del ciclo vegetativo.



Resultados y Discusión

En el cuadro 3 se presenta la comparación de medias observándose. Para **MO** no se presentó diferencia estadística. Numéricamente el mayor contenido se presentó en el tratamiento B con un valor 2.33%, el cual se considera un nivel normal (Pavón, 2002) y el de menor contenido de materia orgánica fue el de NF con un 1.68%, observando que los tratamientos relacionados con el efluente del biodigestor fueron los más altos, en comparación de los tratamientos que no se les aplicó el efluente. En cuanto al **pH** la respuesta fue homogénea. El tratamiento con un mayor valor fue 8.2 (moderadamente básico) NB y el de menor valor fue 7.6 en BF lo cual se clasifica como un suelo alcalino (Pavón, 2002). La planta se desarrolla adecuadamente en un nivel de 6 a 7.5 (Phytomonitor, 2012), en los tratamientos que se les aplicó el efluente del biodigestor el pH disminuyó. La **Conductividad Eléctrica** presentó una diferencia altamente significativa. Las condiciones óptimas de CE en las que se desarrolla mejor el cultivo son de 1.5–2.5 mS/cm (Phytomonitor, 2012). El tratamiento con mayor valor fue el BF con un valor de 3.08 y el de menor valor fue de N con 1.37 mS/cm. En los tratamientos BF y B se presentó un promedio de 3.12 mS/cm, lo cual afecta negativamente a la productividad del cultivo debido a que se consideran valores altos para desarrollo del mismo. Los tratamientos, NF, NBF, N y NB muestran un valor promedio de 1.64 representando un nivel óptimo para el desarrollo del cultivo. El análisis estadístico para **Nitratos** encontró que es altamente significativo. Las concentraciones de nitratos estuvieron dentro del rango 120.45 ppm (B) a 28.60 ppm (N) el cual es mayor al que requiere el cultivo para desarrollarse adecuadamente (Phytomonitor, 2012). Los tratamientos relacionados con el efluente del biodigestor se mostraron altos. El **Fosfatos** muestra una respuesta homogénea. El de mayor valor numérico fue el de NB con 90 ppm y el menor fue el de N con 65.80 ppm, los niveles para un desarrollo adecuado de la planta son de 20–30 ppm (Phytomonitor, 2012). **Potasio** no presentó diferencia estadística. El tratamiento que muestra mayor valor fue de 2717.5 ppm (B) y el tratamiento de menor valor fue de 2162.5 ppm (NF). El nivel para que la planta se desarrolle en buenas condiciones es de 100–250 ppm (Phytomonitor, 2012).

Cuadro 3. Comparación de medias de Fertilidad del suelo.

TRATAMIENTO	MO %	pH	CE mS/cm	NO ₃ ppm	PO ₄ ppm	K ppm
NF	1.68	8.1	1.45 b	37.00 d	65.20	2162.5
NBF	2.00	7.8	2.09 b	83.25 bc	74.10	2340.0
BF	2.10	7.6	3.08 a	109.15 ba	83.10	2567.5
N	1.96	8.2	1.37 b	28.60 d	65.80	2347.5
NB	2.03	8.1	1.68 b	57.20 dc	90.00	2442.5
B	2.33	7.8	3.16 a	120.45 a	110.90	2717.5
Significancia	NS	NS	**	**	NS	NS
CV	21.05	3.38	21.59	29.99	53.07	10.97

NS; No Significativo **; Altamente significativo CV; Coeficiente de Variación



Conclusiones

Los valores de la MO son altos para la región notándose un mayor valor a los tratamientos que se les aplicó efluente del biodigestor, para el pH los valores encontrados representan los valores promedios de la Comarca Lagunera. En la CE y NO₃, los valores presentados también fueron altos, en estas variables el tratamiento con mayor valor fue el tratamiento que se regó solo que el efluente del biodigestor (B). Los valores de los Nitratos son mayores a los que requiere el cultivo. Igualmente para los valores de los fosfatos y potación su concentración son altas para los que requiere el cultivo.

Agradecimientos

A el establecimiento **BETA SAN GABRIEL S.P.R. de R.L. de C.V.** por el financiamiento en la ejecución de este trabajo investigativo.

Bibliografía



- Aguirre L.O. 1981. Guía climática para la Comarca Lagunera CIAN-INIA -SARH. Matamoros Coahuila, México. 174 p
- DuPont Pioneer 2014 <http://mexico.pioneer.com/Productos/tabid/95/language/en-US/Default.aspx>
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Publicaciones UNAM. México, D. F
- Hilbert Jorge A. 2010 Manual para la producción de biogás http://inta.gov.ar/documentos/manual-para-la-produccion-de-biogas/at_multi_download/file/Manual.
- ICAITI 1989 Aprovechamiento de efluentes de biodigestores. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABE796.pdf
- López Pérez Antonio Carlos, 2003 Valorización del estiércol de cerdo a través de la producción de biogás. <https://www.yumpu.com/es/document/view/12956991/valorizacion-del-estiercol-de-cerdo-a-traves-de-biogas>
- López, M. J. D.; Vázquez, V. C.; Salazar, S. E.; Salazar, M. E.; Zuñiga, T. R. and Trejo, E. H. I. 2010. Use of soil water content in deciding the sowing time in dry land agriculture. J. Horticulture and Forestry. 2(6):122-126
- López-Calderón M. J., Figueroa-Viramontes U., Fortis-Hernández M., Núñez-Hernández G., 2013 Estimación del contenido de nitrógeno en los estiércoles y su balance con el requerimiento de nitrógeno de los cultivos en la Comarca Lagunera Agricultura Orgánica Sexta Parte ISBN: 978-607-00-7418-9 pag. 295-313
- Núñez, H. G., F. Contreras, G., R. Faz, C. y A. Zavala G. 2000. Producción y calidad nutritiva de híbridos precoces e intermedios de origen templado o tropical en tres fechas de siembra. En la Región Lagunera. Informe Técnico Final. INIFAP
- Pavón Chocano Antonio B. 2002, Instalación de riego por goteo en una parcela de maíz dirección electrónica: <http://www.ingenieriarural.com/Proyectos/AntonioPavon/05-AnejosIII.pdf>
- Peña Quiroz Jorge Lenin 2011 trabajo de diplomado: Evaluación de la producción de chilote en el cultivo de Maíz (*Zea mays*, L) variedad HS-5G utilizando sustratos mejorados y determinación de los coeficientes "Kc" y "Ky", bajo riego. pág. 2
- Phytomonitor S.A. de C.V. Calzada Aeropuerto No. 7299-B Colonia Bachigualato Culiacan, Sin. C.P. 80140 tel/fax 01 (667)760-0734 y 760-2466 eMail: ventas@phytomonitor.com
- Sánchez-Mejorada Ma. Arturo C. 2012 Del estiércol de vaca a los bonos de carbono (2ª parte) <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/787299.amvab-laguna.html>
- SIAP 2012. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=640http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/ProductoEspecie/bovlech.pdf21/Agosto/.
- SNICS 2014 <http://snics.sagarpa.gob.mx/certificacion/Documents/.../Mayo/Campeche.pdf>
- Varnero Moreno María Teresa 2011 Manual de biogás <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>



EVOLUCIÓN DE CO₂ COMO INDICADOR DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN ABONOS ORGÁNICOS DE CACHAZA DE CAÑA DE AZÚCAR

García-Preciado¹, A.^{1*}; Benedicto-Valdés², B.²; Vicente-Hernández³, C.³; Álvarez-Cilva⁴, D.⁴

¹Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. Texcoco de Mora, Estado de México. México.

²Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. Texcoco de Mora, Estado de México. México.

³Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. Texcoco de Mora, Estado de México. México.

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Tecomán, Colima. México.

*Autor responsable:concepcion.garcia@colpos.mx; Calle Francisco I Madero. # 27, Col. Centro, La Resolana, Jalisco. México. CP 48930; Tel. +01(357)-388-1334

Resumen

Con la finalidad de estudiar la evolución de CO₂ de abonos orgánicos constituidos de cachaza de caña de azúcar, se estableció un ensayo de incubación durante 70 días en condiciones controladas de humedad y temperatura, para lo cual se realizaron mezclas de: Cachaza fresca y transformada como compost madura y vermicompost con suelo migajón-limoso (30% y 50% de cachaza fresca, de compost y vermicompost), y en las mismas proporciones con suelo migajón-arcilloso. Los resultados obtenidos indicaron que la cachaza fresca fue la que presentó un mayor desprendimiento de CO₂, mientras que el compost y el vermicompost presentaron menor liberación de este gas, esto se puede atribuir a que los abonos orgánicos presentaron distintas etapas en la evolución de la materia orgánica donde intervienen distintas enzimas clave donde el colapso físico y la transformación bioquímica de las moléculas de los complejos orgánicos de los materiales muertos se convirtieron en moléculas simples e inorgánicas.

Palabras clave:

Cachaza; mineralización; biotransformación.

Introducción

A nivel mundial los serios problemas de contaminación causados por los residuos derivados de procesos agroindustriales y el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos han incrementado las áreas que sufren procesos degradativos por la disminución de la fracción orgánica de los suelos (Brack y Mendiola, 2010). Por ello existe la urgente necesidad de evaluar estrategias para la búsqueda de la utilización de dichos residuos (García *et al.*, 2011). Ya que estos compuestos degradan los suelos, contaminan el agua y el aire (Düring and Gäth, 2002; Lal, 2008). Una forma de reutilizar los residuos vegetales en los agro-ecosistemas terrestres es la descomposición para su utilización sobre el suelo (Zhang *et al.*, 2008). Entre los múltiples desechos en agroindustrias están los de fábricas de producción de azúcar de caña, donde se genera la cachaza o torta de filtro, siendo uno de los principales residuos (Cruz, 1986), que se obtiene durante la decantación del guarapo (jugo mezclado de caña) en los clarificadores,



conteniendo un alto volumen de humedad (75-80%), y es una mezcla de suelo, bagacillo, fracciones de hojas, carbohidratos, ceras, cenizas y fosfatos de calcio (Zérega, 1991). En las zonas cañeras de México en la zafra 2011-12 se produjeron: 2, 197,538 toneladas de cachaza (UNC, A.C. CNPR., 2010), la mayor parte de este material no tiene un fin útil, contaminando los suelos, mantos freáticos, ríos, lagos y atmosfera en las zonas donde se encuentran instaladas las fábricas de azúcar (Gutiérrez-Barba y Herrera-Colmenero, 2002, Oswald y Oswald-Spring, 2003). Debido a que este material es rico en compuestos carbonáceos y proteicos, además de contener C biológicamente disponible lo que constituye una alternativa para reciclar tales residuos y así aminorar impactos negativos al ambiente, además que posee nutrientes para las plantas y organismos del suelo (Miyittahet *et al.*, 2012), es recomendable el uso de este residuo mediante un proceso de producción de compost para la incorporación en agroecosistemas. Dicha incorporación de materiales orgánicos representa una medición en la respiración del suelo, conocida como respiración edáfica basal (respiración de las raíces, fauna del suelo y la mineralización del carbono a partir de diferentes “pools” del carbono de suelo y desechos), es decir, representa la estimación de la actividad microbiana (García y Rivero, 2008). Frankenberger y Dick (1983, citado por Ajwa *et al.*, 1999), señalaron que existe una relación muy estrecha entre la actividad biológica de un suelo y su fertilidad por lo que parámetros vinculados a la primera han sido propuestos como indicadores apropiados del mencionado impacto, uno de ellos es la producción de CO₂ (como reflejo del sustrato carbonado consumido por los microorganismos), el carbono o el nitrógeno unido a la biomasa microbiana y la actividad de las enzimas del suelo (Ajwa *et al.*, 1999). La descomposición de la materia orgánica es un proceso ecosistémico mediado por organismos heterótrofos que utilizan al material orgánico muerto o detritus como hábitat y fuente de carbono y energía, este gas se produce, fundamentalmente, a través del metabolismo de la microflora y de las raíces de la planta, siendo la descomposición microbiana de compuestos orgánicos el proceso más importante que lo genera. Durante la descomposición una parte del carbono es devuelto a la atmósfera en forma de CO₂, mientras que otra se transforma en otros compuestos más sencillos o se almacena en las propias estructuras microbianas (Pérez *et al.*, 1998). En particular, la respiración metabólica de la comunidad de organismos asociados al detritus orgánico es el proceso que libera el carbono hacia la atmósfera en forma de CO₂. De esta manera, la respiración heterotrófica contribuye a la descomposición, junto a otros procesos como la humificación y la fragmentación del detritus (Carmona *et al.*, 2006). La calidad del carbono de un material orgánico depende de las proporciones del carbón soluble, la celulosa (hemicelulosa) y la lignina; en este caso la calidad se refiere a la energía disponible para los organismos descomponedores (Sánchez *et al.*, 2008). Durante las etapas iniciales de la descomposición de los materiales orgánicos recientemente incorporados hay un rápido aumento en el número de organismos heterótrofos, acompañado por la emisión de grandes cantidades de CO₂ (Havlin *et al.*, 1999). De esta manera la actividad microbiológica global también puede ser considerada como el reflejo del nivel energético de un medio dado. Por ello, el objetivo principal de la presente investigación fue estudiar la evolución de CO₂ de diferentes abonos orgánicos base cachaza de caña de azúcar con distintos estados de descomposición de acuerdo al proceso al que fueron sometidos, mezclados con dos tipos de suelo.

Materiales y Métodos

Para la realización de este ensayo se utilizaron residuos frescos, compost y vermicompost de cachaza de caña de azúcar o torta de filtro los cuales se mezclaron con suelo migajón-arcilloso (24% arena, 43% limo y 33% arcilla) y migajón-limoso (19% arena, 54% limo y 27% arcilla), el



primero procedente de Santa Clara, Michoacán y el segundo de Texcoco estado de México; para el caso de residuo de cachaza fresca, se utilizó una proporción de 70% suelo migajón-arcilloso(SMA) y 30% cachaza fresca (CF), también se utilizó la misma mezcla para el suelo migajón limoso (SML), así como también para la cachaza compost (CC) y cachaza vermicompost (CV); las mismas combinaciones de ambos suelos con los sustratos orgánicos se establecieron en proporción 50:50% respectivamente; estas dosis se establecieron con el fin de conocer la liberación de CO₂ en dos tipos de compost y cachaza fresca para dos tipos de suelo. Los parámetros medidos fueron pH (extracto acuoso relación 1:2, 1:5 y 1:10) (Ansorena, 1994); conductividad eléctrica (extracto 1:5) mediante conductímetro (Ansorena, 1994); contenido de materia orgánica (MO) del suelo con mezclas de compost de cachaza (Walkley y Black, 1934), materia orgánica en solo cachazas se determinó utilizando la mufla; el C-orgánico (CO) con base en los resultados de la MO, mediante el factor de Van Bemmelen = 1.724, el nitrógeno total (N) por el método de Kjeldahl (NOM-021-RECNAT-2000), dichos análisis se efectuaron en el laboratorio de física de suelos del Colegio de Postgraduados. El análisis de las variables se hizo con base en un modelo lineal completamente aleatorio. La prueba de medias utilizada fue Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete STATISTICA 7.

Las propiedades químicas de los materiales orgánicos utilizados en las mezclas de suelo con material orgánico se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Propiedades químicas de compost, vermicompost y cachaza fresca.

	pH	CE	MO	C	N
		dS m ⁻¹	-----%		
Cachaza fresca	7.63	0.433	62.00	35.96	1.75
Cachaza compost	5.09	0.733	19.67	11.41	0.63
Cachaza vermicompost	6.88	0.862	30.83	17.88	1.18

CE = conductividad eléctrica; MO = materia orgánica; C = carbono; N = nitrógeno

La variable evaluada fue la emisión de CO₂ durante 70 días de incubación. Las unidades experimentales fueron frascos de vidrio de 1000 mL. Todos los sustratos fueron humedecidos al 30% de su capacidad de retención hídrica durante el inicio y el término del ensayo. La incubación se realizó en la oscuridad y a temperatura ambiente, replicando cada unidad experimental tres veces. El desprendimiento de CO₂ se midió cada tres días durante un mes, el resto de incubación se realizó cada cuatro días porque se comenzaron a observar cambios no muy notorios. Se usó el método de incubación en medio cerrado con 5 mL de NaOH 1N descrito por Anderson (1982), y el desprendimiento de CO₂ se estimó mediante titulación con HCl 0.1N, en presencia de dos gotas de fenoftaleína al 1% y luego de la precipitación de los carbonatos con 3mL de BaCl₂ al 2%. Se consideraron cuatro blancos, sin adición de sustrato, para controlar la presencia de CO₂ en los frascos. El CO₂ liberado durante la respiración aeróbica en suelos puede ser adsorbido en solución alcalina y medida como un índice de la tasa de respiración. La reacción en la cual el CO₂ es adsorbido es: $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. La cantidad de CO₂ adsorbido es equivalente a la cantidad de NaOH consumido. Para determinar esto, se precipitó el carbonato (CO₃²⁻) con BaCl₂ y se titula el remanente NaOH con HCl. De la diferencia entre la cantidad de NaOH presente inicialmente y el remanente después de la exposición al CO₂ se obtiene la cantidad de gas producido por respiración mediante la siguiente fórmula:



$$R = (V - C) N E$$

donde:

R = respiración microbiana en mg CO₂

V = volumen de ácido necesario para titular el NaOH del promedio de los blancos (en mL)

C = cantidad de ácido necesaria para titular el NaOH en cada muestra (en mL)

N = normalidad del ácido

E = peso equivalente del CO₂

La acumulación de CO₂ se determinó únicamente sumando los mg de CO₂ que se producían cada día, con los mg de CO₂ de días anteriores. La mineralización representa la eficiencia de los materiales utilizados para mineralizarse en un tiempo determinado, dado porcentaje de carbono en miligramos por unidad de tiempo (% C-CO₂ mg).

$$PM = (A - COT) / COM$$

donde:

PM = porcentaje de mineralización

A = acumulado de CO₂

COT = porcentaje de carbono orgánico en suelo

COM = porcentaje de carbono orgánico en cada muestra

Resultados y Discusión

Evolución de Bióxido de Carbono (CO₂) de los Abonos Orgánicos

Se observó que en ambas mezclas de SMA y SML tanto en proporción 30:70 y 50:50 en los primeros cinco días de la incubación las liberaciones de CO₂ fueron mayores, producto de los microorganismos ante la presencia de un material fácilmente degradable como proteínas y azúcares que varían con el tipo de material (Lerchet *et al.*, 1992). Para ambas mezclas durante este periodo CF presentó mayor desprendimiento de bióxido de carbono comparado con los demás tratamientos, por ejemplo CF-SML-30:70 obteniendo una media de 61.60, CF-SMA-30:70 presentó media de 52.02, CF-SML-50:50 tiene 58.24 y CF-SMA-50:50 obtuvo 62.12 mg de CO₂ g⁻¹, respectivamente (Figura 1). La cantidad de C-CO₂ desprendido por la actividad biológica en la cachaza fresca incubada durante 70 días se mantuvo por encima del resto de los tratamientos, cachaza compost (CC) con SML proporción 30:70 y 50:50, y CV con SMA proporción 30:70 y 50:50; siendo estadísticamente superior ($P = 0.05$).

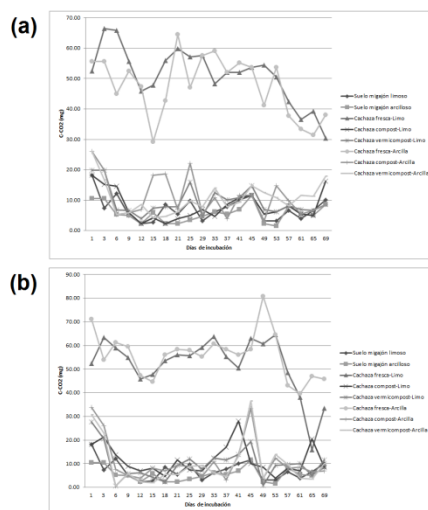


Figura 1. Evolución de C-CO₂ de diferentes abonos orgánicos de cachaza de caña y control en 70 días de incubación, (a) proporción 30:70, (b) proporción 50:50.

En los primeros días de las incubaciones se observaron las mayores variaciones, producto de la actividad de los microorganismos ante la presencia de un material reciente y rico en sustancias fácilmente degradables como proteínas y azúcares que varían con el tipo de material (Lerchet *et al.*, 1992), en todos los tratamientos incluyendo el control SML y SMA. Los incrementos registrados se concentraron básicamente en los primeros 12 días posteriores a la incorporación. Esto se vincula a la degradación inmediata de las fracciones orgánicas lábiles presentes en el material añadido, con la consecuente producción de energía para el crecimiento de los microorganismos (Rivero y Hernández, 2001). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Stottet *et al.* (1986), quienes indicaron que las diferencias significativas en la descomposición de residuos, sólo son detectables como máximo hasta treinta días posteriores a la incorporación de los materiales orgánicos (Rivero y Hernández, 2001). A medida que transcurre la incubación, los tratamientos comienzan a entrar en la etapa de estabilidad por tanto el material, recientemente añadido de fácil degradación, comienza a agotarse, por lo tanto, el número de microorganismos disminuye al igual que el desprendimiento de CO₂.

Acumulación de CO₂ en Diferentes Abonos Orgánicos

El tratamiento que no tuvo ningún proceso de descomposición anterior a la incubación, fue la cachaza fresca (FC), el cual desprendió mayor cantidad de CO₂, CF-SML proporción 30:70 obtuvo 1023.94 y la proporción 50:50 tiene 1041.04 en la CF con SMA porción 30:70 se tiene 952.43 y con la proporción 50:50 se obtuvo 1119.55 mg de CO₂ g⁻¹, esto coincide con los resultados obtenidos por Contreras *et al.*, (2006) que incubaron diferentes materiales y obtuvieron que la gallinaza y el estiércol de caprino muestran una mejor repuesta inicial, en lo que a la activación de los microorganismos del suelo se refiere, mientras el vermicompost y la compost presentan un comportamiento similar al del control. La cantidad de C-CO₂ acumulado desprendido por la actividad biológica de las mezclas concachaza fresca incubadas durante un período de diez semanas muestra como la aplicación del residuo sin un proceso de compostaje incita un incremento de la respiración respecto a las mezclas con compost y vermicompost.

cachaza de caña de azúcar (Figura 2). Este incremento se atribuye al contenido de C orgánico presente en los materiales de partida, los cuales suministraron el sustrato necesario para la proliferación de los microorganismos responsables de la descomposición. La actividad de los microorganismos que intervienen al inicio del proceso es máxima, como consecuencia de tener a su alcance gran cantidad de compuestos fácilmente biodegradables procedentes de los materiales orgánicos de partida (Grantina-levina *et al.*, 2013). Dos tratamientos con un proceso de descomposición (compost y vermicompost) anterior a la incubación mostraron menor incremento de la respiración, esto se debe a que estos tratamientos contienen material de difícil descomposición (Phuong *et al.*, 2012).

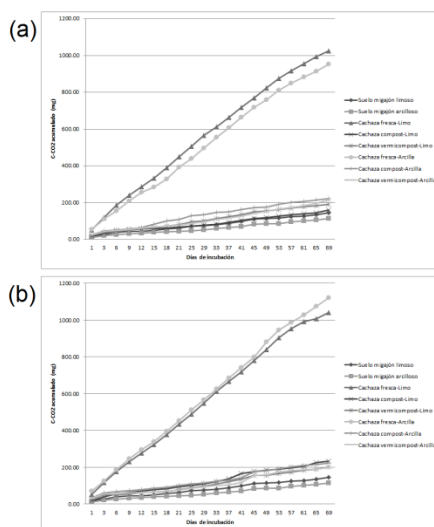


Figura 2. C-CO₂ acumulado de diferentes abonos orgánicos de cachaza de caña y control en 70 días de incubación, (a) proporción 30:70, (b) proporción 50:50.

Porcentaje de Mineralización

La mineralización se puede determinar por medio de la tasa de liberación de CO₂. Partiendo de materia orgánica fresca se presenta una etapa muy activa, que corresponde a la liberación de materiales orgánicos lábiles (azúcares, amino-azúcares, aminoácidos y ácidos orgánicos), seguida de una segunda etapa en la que la actividad biológica es decreciente. En ella se quedan los materiales recalcitrantes (Acosta, 2006). El C del vermicompost para ambas mezclas y en SML y SMA se mineraliza en un 20-30%, en las primeras cuatro semanas de la incubación, solo la mezcla CC con SML 30:70 muestra una tendencia similar. Esto sugiere que del vermicompost podría hacerse un uso más extendido, en cualquier tipo de suelo, dado que este abono suministra un aporte importante de carbono orgánico humificado el cual contribuye al restablecimiento de la materia orgánica nativa del suelo y causa mejoras en la calidad física del mismo (Supradipet *et al.*, 2012). Ayuso *et al.* (1996), indican que mientras más estable es la materia orgánica, la emisión de CO₂ y la actividad microbiana son menores ya que existe menos material de fácil descomposición lo que impide la degradación por parte de los microorganismos. El compost de cachaza (CC) con SML en ambas proporciones (30:70 y 50:50%), obtuvo una menor mineralización respecto a la mezcla con SMA que concluyó con una mineralización de 70 a 97%. Para el caso de CF con SML en ambas proporciones se obtuvo de 80 a 131% de mineralización, el mayor grado de mineralización durante el periodo de incubación en ambos tratamientos se logró con la mezcla de suelo migajón arcilloso (SMA).



Conclusión

El material que presentó una mayor actividad microbiana (mayor desprendimiento de C-CO₂), fue cachaza fresca, el que presentó menor respiración de CO₂ fue la vermicachaza, de modo que su aplicación evita riesgos en el sistema suelo-planta con la interacción del material del suelo incrementando la fertilidad del mismo. El desprendimiento de CO₂, es un parámetro para referirnos a los cambios que ocurren en la transformación de la materia orgánica. La mayor mineralización se presentó en la cachaza fresca para todos los tratamientos y la menor en la cachaza vermicompost por tanto la mezcla de suelo con este sustrato impacta en la disponibilidad lenta de los nutrientes contenidos en él y mejora circunstancialmente la calidad física del suelo por contener mayor contenido de materiales estabilizados.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo al M.C. Francisco Landeros Sánchez y a Silvia Ayala Delgadillo, y personal del Laboratorio de Física de Suelos por proporcionarnos su ayuda con los materiales y equipos utilizados en esta investigación.

Bibliografía

- Acosta, Y., J. Cayama, E. Gómez, N. Reyes, D. Rojas y H. García. 2006. Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. *Multiciencias* 6: 220-227.
- Ajwa, H. A., C. J. Dell, and C. W. Rice. 1999. Changes in enzyme activities and microbial biomass of tallgrass prairie soil as related to burning and nitrogen fertilization. *Soil Biol. Biochem.* 31: 769-777.
- Ayuso, M., J. A. Pascual, C. García, and T. Hernández. 1996. Evaluation of urban wastes for agricultural use. *SoilSci. PlantNutr.* 42: 105-111.
- BRACK A. y MENDIOLA C. La contaminación ambiental, Enciclopedia “Ecología del Perú”. (<http://www.peruecologico.com.pe>, verificado 05/ene/2010).
- Carmona, M., M. Aguilera, C. Pérez and I. Serey. 2006. Actividad Respiratoria en el horizonte orgánico de suelos de ecosistemas forestales del centro y sur de Chile. *GayanaBot.* 63: 1-12.
- Contreras, F., J. Paolini and C. Rivero. 2006. Efecto de la adición de enmiendas orgánicas sobre la cinética de la mineralización del carbono en suelos del municipio Rivas Dávila, estado Mérida, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 31: 37-52.
- Düring R. A., and S. Gáth. 2002. Utilization of municipal organic wastes in agriculture: where do we stand, where will we go?. *J. Plant Nutr. Soil Sc.* 165: 544-556.
- Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2003-2012. De la Unión Nacional de Cañeros, A.C.-CNPR.
- García, A. y C. Rivero. 2008. Evaluación del carbono microbiano y la respiración basal en respuesta a la aplicación de lodo paplero en los suelos de la Cuenca del Lago de Valencia, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 34: 215-229.
- Grantina-levina L., A. Anderson, D. Berkolde-Pire, V. Nikolajeva and G. levinsh. 2013. Critical tests for determination of microbiological quality and biological activity in commercial vermicompost samples of different origins. *Environmental biotechnology*.
- Gutiérrez-Barba B. E. y Herrera-Colmenero N. I. 2002. *La ingeniería ambiental en México*. Limusa. ISBN: 9681861337. México, 27-29 pp.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 1999. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, USA.
- Lerch, R. N., K. A. Barbarick, L. E. Sommers, and D. G. Westfall. 1992. Sewage sludge proteins as labile carbon and nitrogen sources. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 56: 1470-1476.
- Nardi S., F. Morari, A. Berti, M. Tosoni and L. Giardini. 2004. Soil organic matter properties after 40 years of different use of organic and mineral fertilisers. *European Journal of Agronomy*, 357-367.



Oswald U. y Oswald-Spring U. (2003). *El recurso agua en el alto balsas*. UNAM, México, 148 pp.

Pérez B., P., G. Ouro, A. Merino y F. Macías. 1998. Descomposición de materia orgánica, biomasa microbiana y emisión de CO₂ en un suelo forestal bajo diferentes manejos sevícolas. *Edafología* 5: 83-93.

[Phuong T., C. Rumpel, T. Doan, P. Jouquet. 2012.](#) The effect of earthworms on carbon storage and soil organic matter composition in tropical soil amended with compost and vermicompost. *Soil Biology and Biochemistry*, 214-220.

Rivero, C. y E. Hernández. 2001. Efecto de la aplicación de dos tipos de compost en la evolución de CO₂ y la actividad de fosfatasa en un suelo inceptisol. *Venesuelos* 9: 24-32.

Saha S., D. Dutta, D. Prasad and R. Karmakar. 2012. Vermicompost and Soil Quality. *Sustainable Agriculture Reviews Farming for Food and Water Security* 1007: 978-94.

Sánchez, S., G. Crespo, M. Hernández y Y. García. 2008. Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. *Pastos Forrajes* 31: 99-108.

Zérega L. y M. Adams 1991. Efectos de la cachaza y el azufre sobre el suelo salino-sódico del estado Carabobo bajo condiciones de invernadero. *Caña de azúcar* 9: 110-126.

Zhang D, Hui D, Luo Y, Zhou G (2008) Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. *J. Plant Ecol.* 1: 85–93.





INDICADORES FECALES *Cryptosporidium* Y *Giardia* EN AGUA DE POZOS POTABLE Y RIEGO DEL VALLE DE JUÁREZ

González-Talamantes C.¹; Olivas-Enríquez E.^{1*}; Flores-Margez J.P.¹; Ramírez-López A.².

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, UACJ, ICB. Cd. Juárez, Chih., México.

²Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza, COCEF.

*Autor responsable: evolivas@uacj.mx; Anillo Envoltente PRONAF y Estocolmo s/n. Zona PRONAF. C.P. 32310. Tel. +52(656)-6881800

Resumen

El uso indiscriminado de aguas residuales en el riego agrícola está relacionado con las altas tasas de morbilidad por diversos organismos enteropatógenos. El Valle de Juárez, Chihuahua, es una región agrícola, cuya principal fuente de agua para el riego consiste de aguas residuales procedentes de las plantas recicladoras, tratadas con un método incompleto, por lo que las autoridades implementaron recientes cambios en el proceso, aunque continúa incompleto. Igualmente implementaron la infraestructura sanitaria en algunos poblados del Valle. El objetivo de este estudio fue determinar la calidad microbiológica del agua de pozo antes de la cloración, en las diversas poblaciones del Valle, así como del agua residual utilizada para riego agrícola. Se analizaron muestras de agua de 10 L, utilizando como indicadores de contaminación fecal a los parásitos *Cryptosporidium* sp. y *Giardia lamblia*, mediante una técnica de separación inmunomagnética seguida por tinción con inmunofluoresceína, para su identificación y conteo y 12 muestras de agua de pozo antes de clorar. La baja cantidad de muestras se debe en parte al alto costo de reactivos y materiales en estos estudios. Los resultados mostraron que de cuatro muestras del canal de riego durante su transcurso, el 100 % presentó *Cryptosporidium* y *Giardia*, sin embargo, los números de parásitos indican que el canal se recontamina con descargas adicionales de aguas negras, durante su recorrido por el Valle. El análisis de 12 muestras de agua de pozo antes de la cloración, en tres muestras de agua de pozo de poblados diferentes se detectó *Cryptosporidium*. Se puede inferir que los patógenos pueden provenir de los tubos de descarga del pozo, ya que en otros pozos cercanos al Valle no se detectó presencia de dicho parásitos, por lo que el acuífero subterráneo de los pozos no está contaminado.

Palabras clave

Aguas residuales; riego agrícola; enteropatógenos.

Introducción

La principal fuente de agua para el riego en la zona agrícola del Valle de Juárez, Chihuahua, consiste de aguas residuales procedentes de las plantas recicladoras, como la alternativa de mayor relevancia en el área (JMAS, 1997). Sin embargo, el tratamiento en la planta tratadora es incompleto, quedando muchos microorganismos vivos. Por tal motivo, las aguas reusadas en el riego agrícola de la zona, se convierten en un vehículo para la diseminación de organismos



patógenos intestinales y como consecuencia, un riesgo para la salud de los trabajadores agrícolas, de los pobladores de la región y de los consumidores de los productos cosechados (Graczyk *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2008). *Cryptosporidium* y *Giardia* son parásitos intestinales de amplia distribución en México y en el mundo, demostrando una alta capacidad de sobrevivencia en los hábitats acuáticos, incluso en el agua potable, por lo que son útiles como indicadores de contaminación fecal de los diferentes tipos de agua, aún en ausencia de otros indicadores bacterianos o de huevos de helmintos, como los recomendados por la norma mexicana, para aguas residuales usadas como riego (OPS, 1990; NOM-003-SEMARNAT-1997). Un estudio previo en el Valle de Juárez, demostró la presencia de *Cryptosporidium* y *Giardia* en las aguas residuales destinadas al riego agrícola (Barragán, 2010). Posteriormente, se efectuaron implementaciones del método de reciclado de las aguas negras en la planta tratadora, pasando del tratamiento primario avanzado a un proceso secundario biológico con la mecanización de digestión de lodos, pero aún sin llegar a ser tratamiento completo. En esta segunda parte de la investigación, se utilizaron de nuevo los mismos indicadores de contaminación fecal, *Cryptosporidium* y *Giardia*, con el fin de determinar alguna variación en el grado de contaminación del agua del canal de riego, con respecto al estudio anterior, así como la calidad del agua del subsuelo que aflora a los pozos de abastecimiento a los poblados, antes de su cloración.

Materiales y Métodos

Tipos de muestra: Se recolectaron cuatro muestras de 10 L de agua del canal de riego, en diferentes puntos de su recorrido por las poblaciones del Valle de Juárez; desde la salida de las plantas recicladoras, así como 12 muestras de agua de pozos de abastecimiento, antes de la cloración, en las diferentes poblaciones. La identificación de *Cryptosporidium* y *Giardia* en muestras de agua fue mediante un método basado en el descrito por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA Método 1623, 2005). En esencia se efectúan tres pasos: a) Separación de los parásitos de la muestra de agua, a través de un sistema de ultrafiltración Envirochek (Pall Co.), cuyo eluido se centrifuga, con el fin de recuperar a los parásitos del sedimento, mismo que se somete a una separación inmuno-magnética, con anticuerpos específicos para cada uno de los organismos (Virusys Corporation). Una vez capturados con los anticuerpos, los parásitos se dejan libres y nuevamente se centrifugan. El sedimento se somete a tinción con inmunofluorescencia, conteniendo anticuerpos específicos marcados con fluoresceína (Aqua-Glo 20X Waterborn, Inc). Finalmente, se observan al microscopio de fluorescencia, con el fin de identificar y contar los parásitos, procedentes de 10 L de agua.

Cuadro 1. Número de ooquistes de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia* / 10 L de agua del canal de riego agrícola del Valle de Juárez Chih.

Muestra	Fecha	Localidad	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Giardia</i>
M-23	19/Feb/14	El Millón	37	528
M-26	05/Mar/14	El Millón	96	684
M-27	10/Mar/14	PTAR-Norte	17	126
M-32	09/Abril/14	PTAR-Sur	21	130



Cuadro 2. Número de ooquistes de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia*/ 10 L de agua de pozo antes de la cloración en el Valle de Juárez, Chihuahua.

Muestra	Fecha	Localidad	Cryptosporidium	Giardia
M-01	21/Ago/13	San Isidro	0	0
M-03	01/Oct/13	San Agustín	1	0
M-04	08/Oct/13	Guadalupe D.B.	13	0
M-06	29/Oct/13	Paxedis	0	0
M-07	29/Oct/13	El Porvenir	0	0
M-10	19/Nov/13	San Isidro	0	0
M-11	19/Nov/13	Loma Blanca	3	0
M-12	26/Nov/13	Guadalupe D.B	1	0
M-22	19/Feb/14	Guadalupe D.B.	0	0
M-24	05/Mar/14	El Porvenir	0	0
M-25	05/Mar/14	El Porvenir	0	0
M-31	19/Mar/14	Jesús Carranza	0	0

Resultados y Discusión

El 100% de las muestras de agua del canal de riego de diferentes puntos de su trayecto por el Valle, mostraron la presencia de los parásitos indicadores (Cuadro 1). Los números de *Giardia* oscilaron entre 126 y 684/10 L, mientras que de *Cryptosporidium* variaron entre 37 y 96. Sin embargo, los números de ambos parásitos fueron inferiores en el agua recién salida de las plantas tratadoras al entrar al canal del riego, con respecto a los números más altos encontrados durante el recorrido del agua en el canal. De estos datos se puede inferir un incremento de la carga microbiana, debido a las descargas de aguas negras en el agua del canal, conforme va pasando a través de las diferentes poblaciones, ya que aún se carece de drenaje en diversos puntos de la región. Un estudio previo en el mismo canal de riego, mostró concentraciones de *Giardia* entre 9 y 52, mientras que de *Cryptosporidium* entre 5 y 104 /10 L. Al compararse estos resultados con lo reportado por Barragán *et al.*, (2010), se puede observar un marcado aumento en la concentración de *Giardia* y una disminución de *Cryptosporidium*. El hallazgo de los parásitos en aguas negras constituye un reflejo de las parasitosis de los pobladores, en ese momento, como lo mostró un estudio previo en personas del área, con la presencia de *Giardia* en mayores porcentajes que *Cryptosporidium* (Contreras *et al.*, 2009).

Por lo que respecta al análisis de 12 muestras de agua de pozos de abastecimiento para agua potable, antes de la cloración, mostró *Cryptosporidium* en tres de siete poblados, mientras que todas resultaron negativas a *Giardia* (Cuadro 2). Estos datos sugieren una posible contaminación de la tubería de salida al pozo o posible filtración de los parásitos, principalmente de *Cryptosporidium* a partir del agua residual usada en el riego, pero con estos datos todavía no se podría atribuir a contaminación de los mantos subterráneos. Sin embargo, es posible en algunos pozos cercanos al área agrícola irrigada con aguas residuales podría existir probabilidad de filtración al ir disminuyendo el tamaño de los poros de las capas de



suelo. Por otro lado, además se ha demostrado que los ooquistes de *Cryptosporidium* son mucho más resistentes que los quistes de *Giardia* en el ambiente, sobre todo en el agua (Harter, 2007). El método utilizado en este estudio detecta aproximadamente la mitad de los organismos presentes en las muestras, y por otro lado, no determina cuáles organismos se encuentran vivos y cuáles no, teniendo que recurrirse a otros métodos diferentes, como los de cultivo en tejidos (EPA, 2005). También se demostró la presencia de los dos parásitos indicadores de contaminación fecal, en el agua de las plantas tratadoras de aguas negras, lo que demuestra que, pese a que en la actualidad se han realizado obras de incremento de los pasos del tratamiento, la eliminación total de microorganismos aún no se ha logrado, ya que se siguen encontrando estos parásitos indicadores, los cuales deberían estar ausentes, aunque en México aún no se reglamenta la presencia de *Cryptosporidium* y *Giardia* como indicadores de contaminación fecal, sino que en la norma mexicana para aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público se deben buscar huevos de helmintos humanos, los cuales no siempre prevalecen en las diferentes regiones como en Ciudad Juárez, Chihuahua (NOM-003-SEMARNAT-1997).

Conclusiones

No obstante la implementación del tratamiento en las plantas recicladoras y del mejoramiento de la infraestructura sanitaria en algunos poblados del Valle, se siguió encontrando la presencia de los parásitos indicadores, en altas cantidades, en el 100% de las muestras estudiadas de agua del canal de riego agrícola. Las muestras de las plantas tratadoras de aguas residuales presentaron un menor número de parásitos que las del canal de riego, probablemente por recontaminación de éste, con descargas adicionales de aguas negras en las diferentes poblaciones durante su recorrido. El agua del canal de riego del Valle de Juárez continúa contaminando el agua del subsuelo. Es necesario que las autoridades sanitarias correspondientes reconozcan los problemas de contaminación del agua que aún se presentan y tomen las acciones necesarias para implementar medidas correctivas en la infraestructura del Valle y en el tratamiento de las aguas residuales en las recicladoras, cuyo beneficio sería directamente para los trabajadores agrícolas, los pobladores y los consumidores de los productores agrícolas.

Agradecimientos

A la Environmental Protection Agency (US-EPA) y a la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) por el financiamiento que permitió desarrollar este estudio.

Bibliografía

- Barragán-Camacho D., E. Olivas, J.P. Flores. 2010. Riego agrícola con aguas residuales, diseminador de patógenos en el Valle de Juárez. En: Agricultura Orgánica. Tercera parte. pp. 139 - 144. FAZ-UJED.
- Contreras R., E. E. Olivas, J.P. Flores, B. Corral, A. Borrego y P. Osuna. 2009. Impacto sanitario de suelos irrigados con aguas residuales sobre la salud de la población. XXXI Congreso Nacional de la ciencia del suelo. Torreon, Coah.
- EPA, 2005. Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in Water by Filtration/IMS/FA. December 2005. United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/microbes/1623de05.pdf> Consultado en Octubre, 2012.



- Flores-Margez J., Salazar M., Corral B., Olivas E., Lizarraga G., Hurtado J. 2008. Gastrointestinal Diseases and Causal Effects at the Juárez Valley, Chihuahua, México. Environmental Protection Agency (US-EPA). protocolo de proyecto investigación aprobado. p 31. 2008.
- Harter, T. 2007. How long will animal-derived (zoonotic) pathogens persist in groundwater and surface water? Thomas Harter, Cooperative Extension Specialist, Groundwater Hydrology, University of California, Davis (Obtenido de: <http://www.extension.org/faq/26430>).
- JMAS, 1997. Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Juárez, Chih., Determinación del impacto de las plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur, así como de las obras complementarias de saneamiento en las Finanzas de la JMAS. Proyecciones técnicas y financieras. 1997.
- NOM-003-SEMARNAT-1997. (Secretaría de Ecología) Norma Oficial Mexicana-003-SEMARNAT-1997, “Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público”. México, D.F. 1997.
- OPS. 1990. Organización Panamericana de la Salud. **1990**. Evaluación de riesgos para la salud por el uso de las aguas residuales en agricultura. Vol 1. (11/octubre/2012) <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/repin53/rem/rem.html>
- Graczyk, T.K., M.Kacprzak., E.Neczaj., L.Tamang., H.Graczyk., E.Frances, A.S. Girouard. 2008. Occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* in sewage sludge and solid waste landfill leachate and quantitative comparative analysis of sanitization treatments on pathogen inactivation. Environmental Research 106: 27-33.





CONTENIDO DE CAPSAICINOIDES EN CHILES (*Capsicum annuum* L.) DEL NORTE DE MÉXICO

**González-Zamora, Alberto^{1*}; Sierra-Campos, Erick²; Gallegos-Robles, Miguel Ángel¹;
Vázquez-Vázquez, Cirilo¹; Cano-Ríos, Pedro³; García-Hernández, José Luis^{1*}**

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango. México.

²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del estado de Durango. Gómez Palacio, Durango. México.

³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México.

*Autor responsable: luis_graher@hotmail.com; Km 35 Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. México. CP 35111; Tel. +52 (871)-711-8876

Resumen

El chile es una planta utilizada como alimento y en aplicaciones médicas. En este trabajo, se cuantificó el contenido de capsaicinoides en diferentes variedades de chile mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC -DAD). Las plantas fueron cultivadas en La Comarca Lagunera en el norte de México. Las concentraciones de capsaicinoides totales variaron desde un valor no detectable para el pimiento morrón hasta 31.84 mg g⁻¹ de peso seco para la variedad Chiltepín. El contenido de dihidrocapsaicina, en general, fue siempre mayor que el de capsaicina. Los valores de pungencia encontrados en este estudio son más altos para todas las variedades analizadas que en otros estudios.

Palabras clave

Capsicum annuum L.; capsaicinoides; pungencia

Introducción

El chile es el fruto de las plantas que pertenecen al género *Capsicum*, el cual está integrado por más de 30 especies, cinco de ellas domesticadas con cerca de 200 variedades (Hernández *et al.*, 1999). Las variedades de chile más comúnmente cultivadas en México son Ancho, De árbol, Guajillo, Habanero, Jalapeño, Manzano, Pasilla, Piquín y Serrano (Jarret *et al.*, 2007). Algunas variedades, se utilizan en estado fresco principalmente para preparar salsas, en conservas y preparaciones, mientras que otras tales como Piquín y De árbol, se utilizan principalmente secos y molidos.

Los frutos de chile son una excelente fuente de compuestos relacionados con la salud, algunos de ellos tienen propiedades analgésicas, anti-inflamatorias, antioxidantes y anticancerígenas (Mori *et al.*, 2006; Antonious *et al.*, 2006). Entre los compuestos importantes para la salud humana se incluyen vitamina C, provitamina A, vitamina E, flavonoides y capsaicinoides (Marti *et al.*, 2011). Los capsaicinoides son compuestos que le confieren picor a los frutos del chile y se localizan principalmente en los tejidos de la placenta. La concentración de estos compuestos depende de diversos factores entre los que se encuentran el genotipo, la madurez del fruto, y el sitio de origen de las variedades y las condiciones de cultivo, principalmente la disponibilidad de agua, luz solar y temperatura (Zewdie and Bosland, 2000). En la actualidad se han



identificado cinco capsaicinoides de origen natural: capsaicina, dihidrocapsaicina, nordihidrocapsaicina, homocapsaicina y homodihidrocapsaicina. Los más abundantes son capsaicina y dihidrocapsaicina (Laskaridou-Monnerville, 1999), los tres restantes generalmente contribuyen poco a la concentración de capsaicinoides total y la pungencia de los frutos (Kosuge and Furata, 1970). El objetivo de este estudio fue investigar el efecto de las altas temperaturas sobre el contenido de capsaicinoides en diferentes variedades de chile.

Materiales y Métodos

Todos los reactivos y disolventes utilizados fueron de grado analítico o HPLC y se adquirieron de Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA).

Condiciones de las muestras y cultivares

Se evaluaron ocho variedades de chile provenientes de Culiacán, Sinaloa: Ancho, De árbol, Morrón, Guajillo, Jalapeño, Puya, Serrano y Chiltepín. Para la germinación, las semillas de los diferentes genotipos se colocaron en bandejas de unicel de 200 cavidades desinfectadas con cloro al 0.05%. Como sustrato se utilizó peatmoss y vermiculita en proporción 2:1 (v/v). Una semilla fue colocada en cada cavidad a 0.5 cm de profundidad el 12 de enero de 2012. Las bandejas fueron cubiertas con plástico durante 72 horas para asegurar una germinación uniforme; el trasplante se llevó a cabo el 18 de marzo de 2012. El trasplante se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED), en el norte-centro de México, en la región llamada La Comarca Lagunera. Para el trasplante, se utilizaron 4.3 ton ha⁻¹ de vermicomposta como sustrato. La densidad de plantas fue de 8 plantas m². Las plantas fueron regadas por goteo a capacidad de campo. La temperatura mínima fue de 33 °C y la máxima de 40 °C. Las muestras colectadas se secaron en un horno a 65 °C durante 72 horas. El peso en seco del fruto fue 5.32 g en promedio. La pérdida de humedad en las muestras fue del 85%.

Análisis de capsaicinoides por HPLC-DAD

Los análisis de capsaicinoides se realizaron por HPLC-DAD (Agilent 1200, Agilent Technologies Palo Alto, CA, USA) empleando una columna Kromasil Eternity-5-C18 (4.6 x 150 mm) en fase reversa con una precolumna (SUPELCO Analytical, Sigma-Aldrich) a 25 °C. La elución se realizó con una mezcla isocrática de agua: acetonitrilo 50:50. La detección se realizó a 222 y 280 nm. El volumen de inyección fue de 20 µl. Se realizó un análisis cuantitativo siguiendo el método estándar externo. Las curvas de calibración se construyeron mediante la inyección por triplicado de diez concentraciones de estándar. Los resultados de todas las cuantificaciones se realizaron por triplicado.

Pungencia

El contenido de capsaicinoides se convirtió a unidades Scoville de pungencia (SHU) multiplicando la concentración de capsaicinoides por peso seco de chile en partes por millón (ppm) por el coeficiente del valor de pungencia para cada compuesto, 9.3 para nordihidrocapsaicina y 16.1 para capsaicina y dihidrocapsaicina: Total SHU = [C (ppm) + DHC (ppm)] × 16.1] + [n-DHC (ppm) × 9.3]



Resultados y Discusión

La cuantificación de los capsaicinoides se basó en las áreas medias de los picos obtenidos de soluciones estándar externas de capsaicinoides preparados en acetonitrilo. En estas condiciones, los tiempos de retención (Rt) fueron 7.0 y 10.0 min para la capsaicina y dihidrocapsaicina respectivamente. Los análisis mostraron que en todos los frutos de chile, la capsaicina se acumula en varios niveles con la excepción del pimiento morrón. Las concentraciones de capsaicina encontradas están en el rango de 0.17 a 15.36 mg g⁻¹ de fruto seco, el contenido de capsaicina en orden decreciente se muestra de la siguiente manera: Chiltepín, Jalapeño, De árbol, Serrano, Puya, Ancho y Guajillo (Cuadro 1). Las concentraciones de dihidrocapsaicina están en el rango de 0.60 a 13.39 mg g⁻¹ de fruto seco siendo el capsaicinoide con mayor concentración (41%-57%) del total en los frutos de casi todas las variedades. Los niveles de otros capsaicinoides incluyendo nordihidrocapsaicina, homodihidrocapsaicina y homocapsaicina varió de 1 % a 38 %, y la homocapsaicina nunca se detectó por encima de 2 % de los capsaicinoides totales en la mayoría de las variedades estudiadas. Chiltepín y De árbol muestran niveles de capsaicina que van desde 82 %-90 % del total de capsaicinoides. Chiltepín tiene dos veces más capsaicina y dihidrocapsaicina que De árbol. Se detectaron altos niveles de homodihidrocapsaicina en Ancho y Guajillo con 31% y 38 %, respectivamente. Manirakiza *et al.* (2003) indicaron que la proporción de capsaicina:dihidrocapsaicina en *C. annuum* es cercana a 1:1, mientras que en *C. frutescens* la relación es de 2:1. Aunque la capsaicina es generalmente el más abundante de capsaicinoides, en nuestras muestras el contenido de dihidrocapsaicina fue más alto que los de capsaicina en todas las variedades, en una relación 1:2. Un patrón similar se reportó en otras variedades de *C. annuum* y *C. pubescens* (Garcés-Claver *et al.*, 2006).

Cuadro 1. Contenido de capsaicinoides y pungencia en muestra de chile cultivados en la Comarca Lagunera.

Variedad	N-DC mg g ⁻¹ peso seco	Cap mg g ⁻¹ peso seco	DC mg g ⁻¹ peso seco	H-C mg g ⁻¹ peso seco	H-DC mg g ⁻¹ peso seco	Capsaicinoides totales mg g ⁻¹ peso seco	SHU
Ancho	0.245 ± 0.005 ^{ab}	0.286 ± 0.029 ^a	0.772 ± 0.043 ^a	ND	0.577 ± 0.115	1.882 ± 0.048 ^a	17 050.00 ± 1173.75 ^a
De árbol	1.073 ± 0.095 ^c	5.218 ± 0.164 ^b	6.247 ± 0.303 ^c	0.128 ± 0.108.57	1.288 ± 0.773	13.956 ± 0.289 ^c	184 610.59 ± 7 547.03 ^c
Morrón	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chiltepín	2.172 ± 0.212 ^d	15.359 ± 1.666 ^d	13.390 ± 1.597 ^e	0.224 ± 0.074	0.693 ± 0.192	31.841 ± 0.748 ^e	462 883.82 ± 52 520.03 ^e
Guajillo	0.124 ± 0.034 ^a	0.170 ± 0.009 ^a	0.609 ± 0.112 ^a	ND	0.558 ± 0.159	1.462 ± 0.079 ^a	12 545.90 ± 1 952.64 ^a
Jalapeño	2.476 ± 0.280 ^d	8.032 ± 0.366 ^c	9.394 ± 0.413 ^d	0.163 ± 0.133	0.966 ± 0.139	21.032 ± 0.266 ^d	280 572.46 ± 7 821.77 ^d
Puya	0.548 ± 0.059 ^b	1.184 ± 0.069 ^a	2.320 ± 0.220 ^{ab}	0.076 ± 0.012	0.675 ± 0.038	4.804 ± 0.080 ^{ab}	56 429.88 ± 4 575.42 ^{ab}
Serrano	0.527 ± 0.035 ^b	1.518 ± 0.014 ^a	3.544 ± 0.006 ^b	ND	0.637 ± 0.092	6.252 ± 0.035 ^b	81 519.96 ± 317.90 ^b

N-DC= Nordihidrocapsaicina; Cap= Capsaicina; DC= Dihidrocapsaicina; H-C= Homocapsaicina; H-DC= Homodihidrocapsaicina; SHU= Unidades Scoville de Pungencia; ND= No detectable. Medias en la misma columna seguida de diferentes letras (a-e) fueron significativamente diferentes por la prueba de Tukey P ≤ 0.05.

El nivel de capsaicinoides totales fue significativamente alto en todas las variedades. El valor más bajo se observó en Guajillo, y el mayor en Chiltepín con 31.84 mg g⁻¹ de peso seco, seguido de De árbol, Jalapeño Puya, Serrano, Guajillo y Ancho. Ningún capsaicinoide fue detectable en Pimiento Morrón. Los valores anteriores están por arriba del rango de los



reportados por diferentes autores. Por ejemplo, se ha informado que Chiltepín tiene niveles de capsaicina de $0,64 \text{ mg g}^{-1}$ y dihidrocapsaicina de $0,37 \text{ mg g}^{-1}$. Se observó una tendencia similar en De árbol, en donde los niveles reportados son $1,29 \text{ mg g}^{-1}$ y $0,64 \text{ mg g}^{-1}$, de capsaicina y dihidrocapsaicina respectivamente (Orellana-Escobedo *et al.*, 2013), mientras que en nuestro estudio los niveles son de $5,21 \text{ mg g}^{-1}$ paracapsaicina y $6,24 \text{ mg g}^{-1}$ para dihidrocapsaicina. Ésta variación se explica por el efecto de las variedades regionales y condiciones de entorno al lado de los factores genéticos. El SHU de las muestras de nuestro estudio osciló entre 12,546 y 462,884 para Guajillo y Chiltepín, por lo tanto la mayoría de las variedades analizadas tienen un picor moderado y alto, incluso más alto que en morfotipos de *C. chinense* de Yucatán, los cuales van de 1,000 a más de 235,000 SHU (Cázares-Sánchez *et al.*, 2005) y de la variedad Red Savina que reporta 248,556 SHU (Bosland *et al.*, 2007), aunque están lejos de los niveles presentados por la variedad Naga, que ha registrado hasta 1,001,304 SHU.

Efecto de la alta temperatura en el contenido de capsaicinoides

El estrés a la alta temperatura se define como el aumento de la temperatura más allá de un umbral crítico durante un período de tiempo suficiente para causar un daño irreversible para el crecimiento y el desarrollo de una planta (Wahid, 2007). El crecimiento y desarrollo de las plantas implica un número incontable de reacciones bioquímicas, todos los cuales son sensibles a algún grado a la temperatura. En consecuencia, las respuestas de las plantas a alta temperatura varían con el grado de aumento de la temperatura, su duración, y el tipo de planta. Las plantas de chile se originaron en las regiones tropicales y requieren condiciones de temperatura óptima de crecimiento entre 25 y 30 °C. Los cambios de temperatura afectan a una variedad de funciones fisiológicas y de desarrollo morfológico (Mateos *et al.*, 2013). Las plantas de chile se desarrollan deficientemente cuando la temperatura es superior a 30 °C durante el día o por debajo de 15 °C por la noche. El contenido de capsaicinoides varía bajo el estrés nutricional y de agua. Por lo tanto, las altas temperaturas pueden tener efectos importantes en el contenido de capsaicinoides en las diferentes etapas de madurez del chile. Con base a los resultados obtenidos en este estudio, es tentador postular que la acumulación de capsaicinoides podría ser un mecanismo de compensación entre las diferentes vías metabólicas en respuesta al estrés térmico. Tiwari *et al.* (2005) observaron la disminución en la cantidad de capsaicina y dihidrocapsaicina de un 50% en chile Naga cuando se cultivan en niveles bajos de humedad. Estrada *et al.* (1999) demostraron que las condiciones ambientales, como la escasez de agua, tienen un fuerte efecto sobre la acumulación de capsaicinoides en frutos de chile, lo cual es el resultado de la competencia entre la biosíntesis de capsaicinoides y metabolitos fenilpropanoides.

Conclusiones

Este estudio pone de manifiesto una gran variabilidad en capsaicinoides y mostró que el aumento de la temperatura de las condiciones de crecimiento tuvo un efecto significativo sobre el tipo y capsaicinoides totales en frutos de pimiento dulce y caliente que crecen en la Comarca Lagunera. Nordihidrocapsaicina, homocapsaicina y homodihidrocapsaicina siempre estaban presentes en concentraciones bajas en comparación con la capsaicina y dihidrocapsaicina. En todos los casos, la concentración dihidrocapsaicina era mayor que la de la capsaicina. Se necesitan estudios futuros en la actividad y la expresión de algunas peroxidasas y capsaicina sintasa para evaluar sus efectos sobre la acumulación de capsaicinoides en condiciones de alta temperatura en Guajillo, Serrano, Jalapeño y de árbol.



Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de los proyectos clave 2009-134382 CB-SEP-CONACYT. El primer autor fue apoyado con un número de Doctorado Becas de Investigación 327844, CVU número 164727, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), México.

Bibliografía

- Hernández, V., S.A.P. Dávila and K. Oyama. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. Bol. Soc. Bot. Mex. 64: 65–84.
- Laborde, J.A. and C. Pozo. 1984. Presente y pasado del chile en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, México, 80 pp.
- Mori, A., S. Lehmann, J. O’Kelly, T. Kumagai, J.C. Desmond, M. Pervan, W.H. McBride, M. Kizaki, H.P. Koeffler. 2006. Capsaicin, a component of red peppers, inhibits the growth of androgen-independent, p53 mutant prostate cancer cells. Cancer Res. 66: 3222–3229.
- Antonious, G.F., T.S. Kochhar, R.L. Jarret and J.C. Snyder. 2006. Antioxidants in hot pepper: Variation among accessions. J. Environm. Sci. Heal. B. 41: 1237–1243.
- Marti, M.C., D. Camejo, F. Vallejo, F. Romojaro, S. Bacarizo, J.M. Palma, F. Sevilla and A. Jiménez. 2011. Influence of fruit ripening stage and harvest period on the antioxidant content of sweet pepper cultivars. Plant Food Hum. Nutr. 66: 416–423.
- Zewdie, Y. and P.W. Bosland. 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annuum* L. Euphytica. 111: 185–190.
- Laskaridou-Monnerville, A. 1999. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin by micellarelectrokinetic capillary chromatography and its application to various species of *Capsicum*, Solanaceae. J. Chromatogr. A. 836: 293–302.
- Kosuge, S. and M. Furata. 1970. Studies on the pungent principle of *Capsicum*. Part XIV. Chemical constitution of the pungent principle. Agr. Biol. Chem. Tokyo 34: 248–256.
- Parrish, M. 1996. Liquid chromatographic method of determining capsaicinoids in capsicums and their extractives: Collaborative study. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 79: 738–745.
- Manirakiza, P.A., A. Covaci and P. Schepens. 2003. Pungency principles. In *Capsicum*. The genus *Capsicum*; de, A.K., Ed.; Taylor and Francis: London, UK. Pp. 71–86.
- Garcés-Claver, A., M.S. Arnedo-Andrés, J. Abadía, R. Gil-Ortega and A. Alvarez-Fernández. 2006. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in *Capsicum* fruits by liquid chromatography-electrospray/time of flight mass spectrometry. J. Agric. FoodChem. 54: 9303–9311.
- Orellana-Escobedo, L., L.E. Garcia-Amezquita, G.I. Olivas, J.J. Ornelas-Paz and D.R. Sepulveda. 2013. Capsaicinoids content and proximate composition of Mexican chili peppers (*Capsicum* spp.) cultivated in the State of Chihuahua. Cienc. Tecnol. Aliment. 11: 179–184.
- Cázarez-Sánchez, E., P. Ramírez-Vallejo, F. Castillo-González, R.M. Soto Hernández, M.T. Rodríguez-González and J.L. Chávez-Servia. 2005. Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) del centro-Oriente de Yucatán. Agrociencia 39: 627–638.
- Bosland, P.W. and J.B. Baral. 2007. “BhutJolokia”—The world’s hottest known chile pepper is a putative naturally occurring interspecific hybrid. Hortscience 42: 222–224.
- Wahid, A. 2007. Physiological implications of metabolites biosynthesis in net assimilation and heatstress tolerance of sugarcane (*Saccharum officinarum*) sprouts. J. Plant Res. 120: 219–228.
- Mateos, R.M., A. Jiménez, P. Román, F. Romojaro, S. Bacarizo, M. Leterrier, M. Gómez, F. Sevilla, L.A. del Río, F.J. Corpas and J. M. Plama. 2013. Antioxidant systems from pepper (*Capsicum annuum* L.): Involvement in the response to temperature changes in ripe fruits. Int. J. Mol. Sci. 14: 9556–9580.
- Tiwari, A., M.P. Kaushil, K.S. Pandey and R.S. Dangi. 2005. Adaptability and production of hottest chilli variety under Gwalior agro-climatic conditions. Curr. Sci. 88: 1545–1546.
- Estrada, B., F. Pomar, J. Díaz, F. Merino and M.A. Bernal. 1999. Pungency level in fruits of the Padró pepper with different water supply. Sci. Hortic. 81: 385–396.





GERMINACIÓN DE CHILE CHILTEPÍN (*Capsicum annuum*) BAJO DIFERENTES AMBIENTES FÍSICO-QUÍMICOS

López- Ramírez Elizabeth¹; Osuna-Ávila P.^{2*}; Corral-Díaz B.²; Medina- Martínez T³; Flores-Margez, J.P.² y Olivas- Enríquez. E.²

¹ Lic. en Química, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez Chihuahua.

² Docentes e Investigadores, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez Chihuahua, México

³ Docente investigador de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

*Autor responsable: posuna@uacj.mx, Anillo Envolvente PRONAF y Estocolmo s/n. Zona PRONAF.Cd Juárez, Chihuahua. México CP 32310; Tel. +52(656)-6881800, ext.

Resumen

Es bien documentado que las semillas del chiltepín germinan en un ambiente natural solo después de ser ingerida por aves, quienes la defecan contribuyendo a su distribución y germinación. Este estudio utilizó los factores físico- químicos como tratamientos a las semillas de chiltepín de Cumpas, Sonora, para promover su germinación. Se hipotetiza que estos tratamientos podrían simular el paso de la semilla por el tracto digestivo de las aves que consumen el fruto, siendo esta la manera natural de su dispersión en los ecosistemas. Los productos utilizados fueron GA₃ (200, 300, 400 y 500 ppm), Nitrato de potasio grado reactivo (0.5, 1.0 y 1.5 M) y como fertilizante 1.5M. El HCL también fue usado a 5 y 10% por periodos de 15 y 30 minutos, con un control inmerso en agua corriente. El KNO₃ grado reactivo, fue significativamente superior ($p < 0.05$) que el resto de los tratamientos ensayados. El 65% de germinación fue alcanzado con KNO₃ 1 M, seguido por el fertilizante comercial con un 50%. Aunque los tratamientos de las semillas de chiltepín con GA₃ son los más comunes, en este ensayo la germinación fue la más baja en el ecotipo de Cumpas Sonora. Entendiendo los factores que influyen en la germinación y la simulación de los jugos gástricos de las aves, podría ayudar a incrementar la germinación de las semillas del chiltepín en estudios futuros.

Palabras clave: Germinación, chile chiltepín, ácido giberelico, nitrato de potasio

Introducción

El chile silvestre conocido principalmente como chiltepín o chile piquín es considerado el ancestro del chile (González-Jara *et al.*, 2011; Pegánet *et al.*, 2010). Esta especie, se extiende principalmente en el sur de Estados Unidos, norte de México y en el norte de Sudamérica (González-Jara *et al.*, 2011). Es un chile de la especie *Capsicum annuum* que presenta una completa controversia en varios aspectos como lo es su nombre común, su nombre científico (Araiza *et al.*, 2011), la vegetación donde crece y las condiciones óptimas para su desarrollo (CONAFOR, 2009). En general el chile chiltepín se considera una especie con sabor picante, color y aroma distintivos donde su grado de picor y color representan sus atributos más importantes (Montoya-Ballesteros *et al.*, 2010).

El chile chiltepín se comercializa en seco principalmente para ser utilizado como condimento a nivel local, regional o internacional. Se genera ganancia con el fruto verde, encurtido o en salsas caseras (Pedraza *et al.*, 2008). La mayoría del tiempo los trabajadores buscan la planta



en la sierra recorriendo kilómetros para cosechar sus frutos. Esto es debido a que, la semilla puede ser distribuida y germinada en lugares inaccesibles por ser ingerida por aves (Como el cenizal, zorzal chachalero y el fiofo), quienes la defecan contribuyendo a su distribución y germinación (Araiza *et al.*, 2011). Esto es necesario debido a que la semilla de chile piquín presenta una latencia que ocasiona una baja germinación. Las semillas contienen una cera epiduticular y una capa externa dura que la hacen impermeable limitando la absorción de humedad (Rodríguez *et al.*, 2004). Existe una gran dificultad para domesticar la planta de chiltepín debido a que la semilla presenta un tiempo muy largo y una germinación muy baja (Andrew, 1995). Su porcentaje de germinación es muy variable de acuerdo al ecotipo. Por ejemplo, 47% según García y colaboradores (2010) y menor al 5% durante el primer mes según Rodríguez y colaboradores (2004). La sobre-explotación de los frutos a causa de la alta demanda en el mercado, los cambios del uso del suelo que deforestan su arbusto que le da el hábitat de crecer, están poniendo a esta especie en riesgo de desaparecer, si no se buscan estrategias para su domesticación y tecnología de cultivo. Por tal motivo, algunos estudios han propuesto diversos métodos de escarificación para mejorar el porcentaje de germinación de la semilla de *C. annuum* var. *glabriusculum* con el fin de lograr que la cubierta se haga permeable al agua o a gases. Se han obtenido diferencias contrastantes en su porcentaje de germinación luego de someter a diferentes parámetros físico-químicos principalmente (Araiza *et al.*, 2011 y CONAFOR, 2009). Las giberelinas son fitorreguladores sintetizados en muchas partes de la planta pero principalmente en zonas de crecimiento activo como embriones o tejidos meristemáticos (Mandujano *et al.*, 2007). Según García y colaboradores (2010), el remojo con 200 μ L del ácido giberélico (AG) mejora la germinación y emergencia de plántulas de chile y tomate (García *et al.* 2010). El nitrato de potasio también se ha utilizado para mejorar la germinación; Andrade-Rodríguez y colaboradores (2008) reporta que la introducción de semillas de papayo en soluciones de nitrato de potasio 1 M durante un lapso de 30 min mejora su germinación aproximadamente en un 8%. En base a lo anterior, se estudió el efecto de los tratamientos fisicoquímicos en las semillas de chiltepín de Cumpas Sonora, para promover su germinación.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron semillas de frutos secos de chile chiltepín proveniente de Cumpas, Sonora, el cual está ubicado en las coordenadas 29°59'38"N, 109°46'55"O de latitud y longitud a 760 metros de altitud. Las semillas se trituraron manualmente haciendo uso de una figura madera conocido comúnmente como chiltepinero, palo fiero, moledor, entre otros. Se realizó una limpieza de partes del tejido vegetal y se desecharon aquellas semillas que mostraban daños (semillas incompletas o que presenten zonas oscuras). Las semillas se depositaron en agua por 30 minutos y se desecharon aquellas semillas que flotaron. Las semillas se conservaron en refrigeración a 5°C por 5 días y se sumergieron 80 semillas de chile chiltepín durante 24 horas. Las semillas se trataron en concentraciones de 200, 300, 400 y 500 ppm de ácido giberélico BioGiB (Biochem®) (Araiza *et al.*, 2011) o nitrato de potasio (CaissonLabs®) a 0.5, 1 y 1.5 Molar o bien con fertilizante comercial a 1.5 M. También se usó el HCl a concentraciones de 5 y 10% con tiempo de 15 y 30 minutos. El control consistió de semillas tratadas con agua corriente a temperatura ambiente durante 30min (Andrade-Rodríguez *et al.*, 2008). La germinación fue monitoreada diariamente durante 50 días y se registraba cuando la semilla presentaba un visible indicio del brote. Los experimentos se realizaron bajo un diseño completamente al azar. Todos los datos se analizaron por un análisis de varianza (ANOVA).



Para determinar las diferencias entre las tasas de germinación de cada uno de los tratamientos físico-químicos, se utilizó la comparación de media por Tukey con una significancia de $p < 0.05$. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con software SPSS versión 15.

Resultados y Discusión

Ácidogiberelico (GA_3)

La comparación de medias dentro de los tratamientos de ácido giberélico al día 50 de evaluación no detectó diferencias significativas en la tasa de germinación (Cuadro 1). Aunque no se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$) dentro de los tratamientos del GA_3 , el 500 ppm fue superior que el control al inducir un porcentaje de germinación de 21.67%, seguido del 300 ppm. El GA_3 es un fitorregulador que estimula la germinación y regula de manera hormonal el desarrollo de las plantas. Estudios han reportado que este fitorregulador interviene en la activación de enzimas hidrolíticas para reblandecer el endospermo o la cubierta seminal induciendo la movilización de reservas y germinación de la semilla (García, *et. al.* 2010). Sin embargo, los resultados no son repetibles donde la germinación varía desde 43% hasta 97% con GA_3 a 500 ppm. El producto comercial empleado en el presente estudio 'Gibiotín' (Biochem®) cuenta con una concentración de 8.2% de GA_3 mientras Cyto-Gib y BioGib contienen el 10%. Al compararse su influencia en la germinación de chiltepín, se observó que Cyto-Gibb® generaba una tasa de germinación superior (82%) que BioGibb® (68%). La respuesta se le atribuyó a que el producto comercial Cyto-Gibb® presenta como componentes inertes ácidos húmicos que pueden funcionar como micro elementos que ayudan a la absorción del fitorregulador (García, *et. al.* 2010). Quizás, Gibiotín, no fue capaz de permeabilizar la cubierta de la semilla debido a las condiciones climáticas de su origen. Los diferentes ecotipos y características de las semillas podrían ir ligada a la evolución genética que ha sufrido para adaptarse al ambiente de este ecosistema árido de Cumpas Sonora.

Cuadro 1. Germinación de semillas de chiltepín con tratamientos de ácido giberélico a los 50 días. El GA_3 fue diluido en agua corriente y las semillas fueron tratadas durante 30 minutos.

Tratamiento	repeticiones	% germinación*
<u>GA_3 (ppm)</u>		
200	4	5.00 $\pm$ 0.00 a
300	4	20.00 $\pm$ 15.00 a
400	4	12.50 $\pm$ 10.60 a
500	4	21.67 $\pm$ 15.27 a
Control	4	15.00 $\pm$ 8.66 a

*Promedios con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). El control solo fue inmerso en agua corriente.

Nitrato de potasio

La tasa de germinación fue de hasta 65% en las semillas tratadas con nitrato de potasio 1 M durante los 50 días de observación. Los efectos del nitrato de potasio no fueron significativamente superior ($p < 0.05$) al control en la tasa de germinación (Cuadro 2). Sin embargo, la tendencia de los valores, el tratamiento de 1 M fue casi al doble al porcentaje de germinación del grupo control. Este resultado supera a lo reportado por Rodríguez y colaboradores (2008) quienes obtuvieron un aumento de un 8% en la tasa de germinación de



las semillas de papayo en soluciones 1 M durante el mismo lapso de tiempo. El mecanismo de acción del nitrato de potasio como estimulante en la germinación de semillas aún no ha sido bien entendido. Magnitsky y Ligarreto (2007), afirma que el efecto del nitrato de potasio, suple los requerimientos básicos del sistema de fitocromo de las semillas relacionado con las necesidades de luz para germinar.

Cuadro 2. Germinación de semillas de chiltepín con tratamientos de nitrato de potasio grado reactivo o fertilizante comercial a los 50 días. Los productos fueron diluidos en agua corriente y las semillas fueron tratadas durante 30 minutos.

Tratamiento	Repeticiones	% germinación
<u>KNO₃ (Molar)</u>		
0.5†	4	46.25± 32.24 a
1.0†	4	65.00±33.41 a
1.5†	4	60.00± 33.41 a
1.5‡	4	50.00 ± 23.80 a
Control	4	23.33 ± 10.40 a

†grado reactivo, ‡ grado fertilizante comercial. Promedios con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). Numero en paréntesis indica tiempo en minutos.

Ácido clorhídrico

El efecto del ácido clorhídrico en la germinación de las semillas fue de igual manera que el resto de los tratamientos estudiados, no fue significativamente superior ($p < 0.05$) a las semillas control (Cuadro 3). El máximo porcentaje fue de 43.33% y esta aumentaba conforme la concentración de ácido clorhídrico (HCl) y el tiempo sumergido era incrementado. Es recomendable considerar aumentar las concentraciones en futuros estudios, para mayores resultados en este ecotipo de chiltepín. El tratamiento de 10% por 10 minutos en la solución, supero casi al doble a la germinación del control. El tratamiento de HCl, tiene capacidad de degradación de la testa (Romero, *et al.*, 2013) y es el más cercano en simular el paso de la semilla por el tracto digestivo de las aves que consumen el fruto, siendo esta la manera natural de su dispersión en los ecosistemas. Se han reportado aumentos de hasta un 11% al sumergirlas en concentraciones de 5% y 2% de ácido clorhídrico por diferentes periodos (Rodríguez *et al.*, 2004).

Cuadro 3. Germinación de semillas de chiltepín con tratamientos de ácido clorhídrico a los 50 días. El ácido clorhídrico fue diluido en agua corriente y las semillas fueron sumergidas por diferentes concentraciones y tiempos.

Tratamiento	Repeticiones	% germinación*
<u>HCl (%)</u>		
5(15)	4	25.00±34.64 a
5(30)	4	30.00± 22.91 a
10(15)	4	41.25 ±30.10 a
10(30)	4	43.33 ±10.40 a
Control	4	23.33± 10.40a

*Promedios con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). Numero en paréntesis indica tiempo en minutos



Conclusiones

Aunque los tratamientos ensayados en este estudio, los resultados no fueron estadísticamente significativos, el KNO_3 grado reactivo, sus valores tendieron a ser superior ($p < 0.05$) que el resto de los tratamientos ensayados. El 65% de germinación fue alcanzado con KNO_3 1 M, seguido por el 1.5 M (60%) y el fertilizante comercial con un 50%. Los tratamientos de las semillas de chiltepín con GA_3 , son los más usados, en este ensayo la germinación fue uno de los más bajos en el ecotipo de Cumpas Sonora. El HCl tiene un buen potencial en la germinación de esta especie, el cual puede ser considerado ensayar otras concentraciones y tiempos de exposición. Entendiendo los factores que influyen en la germinación y la simulación de los jugos gástricos de las aves, los tratamientos físicos- químicos podría ayudar a incrementar la germinación de las semillas del chiltepín en estudios futuros.

Bibliografía

- Andrade-Rodríguez M.; Ayala-Hernández J. J.; Alia-Tejagal I.; Rodríguez-Mendoza H.; Acosta-Durán C. M. y López-Martínez V. **2008**. Efecto de promotores de la germinación y sustratos en el desarrollo de plántulas de papayo. *Facultad de agronomía*. 25: 617 – 635.
- Andrews J. Peppers, the domesticated capsicums. 1era Edición. Library of congress cataloging-in-publication data. Austin, 1995. 191p.
- Araiza Lizarde N.; Araiza Lizarde E. y Martínez Martínez J. G. **2011**. Evaluación de la germinación y crecimiento de plántula de chiltepín (*Capsicum annuum* L. variedad *glabriusculum*) en invernadero: *colombiana de tecnología*. 13: 170-175.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). Técnicas para el establecimiento y producción de chiltepín silvestre, bajo un sistema agroforestal en Sonora, México: Gobierno Federal Mexicano, 2009: Accesado el 7 de septiembre de 2013. Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Tecnicas-CHILTEPIN.pdf>
- García Federico A.; Montes Hernández S.; Rangel Lucio J. A.; García Moya E. y Mendoza Elos M., **2010**: Respuesta fisiológica de la semilla chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabrusculum*) al ácido giberélico e hidrotermia: *Mexicana de Ciencias Agrícolas*: 1 (2): 203 – 216.
- González-Jara P.; Moreno-Letelier A.; Fraile A.; Piñero D. y García-Arcenal F. **2011**. Impact of human management on the genetic variation of wild pepper, *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*. *PlusOne*. 6 (12): 1-11.
- Mandujano M. C.; Golubov J. y Rojas-Aréchiga M. **2007**. Efecto del ácido giberélico en la germinación de tres especies del género *Opuntia* (Cactaceae) del desierto chihuahuense. *Revista Cactáceas y succulentas mexicanas*. 52 (2): 46 – 52.
- Magnitskiy S. V. y Ligarreto G. A. **2007**. El efecto del nitrato de potasio, del ácido giberélico y del ácido indolacético sobre la germinación de semillas de agraz (*Caccinium meridionale* Swartz). *Colombiana de ciencias hortícolas*. 1: 137 – 141.
- Montoya-Ballesteros L.C.; Fardea-Béjar A.; Ayala-Chávez G.M.; Martínez-Núñez Y.Y. y Robles-Ozuna L.E. **2010**. Capsaicinoides y color en chiltepín (*Capsicum annuum* var. *aviculare*). Efecto del progreso sobre salsas y encurtidos. *Mexicana de Ingeniería Química*. 2: 197 – 207.
- Pagán I.; Betancourt M.; De Miguel J.; Piñero D.; Fraile A. y García-Arenal. **2010**. Genomic and biological characterization of chiltepín yellow mosaic virus, a new tymovirus infecting *Capsicum annuum* var. *aviculare* in Mexico. *Springer*. 1: 675 – 684.
- Pedraza Robles L. C. y Gómez Gómez A. A. **2008**. Análisis exploratorio del mercado y la comercialización de chile piquín (*C. annuum*, var. *Aviculare* Dierb.) en México: (TECSISTECATL, revista electrónica de ciencias sociales). Editada por eumed.net. Economía y sociedad de México.; Accesado el 15 de septiembre de 2013. Obtenido de www.eumed.net/rev/tecsistecatln5/prgg.htm
- Rodríguez del Bosque L.; Ramírez Meraz M. y Pozo Campodónico O. 2004. *Tecnología de producción de chile piquín en el noreste de México*. Primera edición. Editorial INIFAP-SIRNE. México. 33p.
- Romero Rodríguez, J.; Mejía Contreras, J. A.; Carballo Carballo, A.; López Jiménez, A.; Rangel Lucio, J. A.; Ávila Reséndiz, C. 2013. Escarificación química de la semilla de papaya. *Revista Mexicana Ciencia Agrícola*. 4 (6): Accesado el 26 de agosto de 2014. Obtenido de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200709342013000600010&script=sci_arttext.





EFFECTO ANTAGONISTA DE BACTERIAS ASOCIADAS A MAÍZ CONTRA *Fusarium* sp.

**López-Reyes, L.^{1*}; Gómez-Velázquez, L.²; Pérez-Esteban, O.²; Carcaño-Montiel, M.¹;
Portillo-Manzano, E.¹; Jiménez-Salgado, T.¹**

¹Laboratorio de Microbiología de Suelos del Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias. ²Escuela de Biología. ^{1,2}Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. México.

*Autor responsable: lucia.lopez@correo.buap.mx; Edificio 103-J. Planta alta. Ciudad Universitaria. Puebla, Puebla, México. CP 72570; Tel. +52(222)-295500 Ext. 2553

Resumen

Debido al alto costo económico y ambiental de los pesticidas químicos empleados para el control de enfermedades fúngicas asociadas a plantas, se propone el uso de bacterias del género *Azospirillum* en sinergia con bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas a la rizósfera de maíz y que poseen la capacidad de inhibir el desarrollo de hongos en condiciones de laboratorio. Los ensayos de antagonismo ayudaron a seleccionar a las mejores bacterias con actividad antifúngica. Las bacterias más destacadas se caracterizaron a nivel de género y especie y con base a los metabolitos producidos en medios de cultivo. Se evaluó mediante la sanidad de semilla de maíz un efecto inhibitorio de los hongos siendo más pronunciado el efecto por el uso de bacterias vivas en comparación con sus extractos metabólicos.

Palabras clave

Antagonismo; bacterias; hongos fitopatógenos

Introducción

Los cultivos agrícolas son invadidos por diversos microorganismos durante su desarrollo en el campo. Los hongos son una de las causas más importantes de enfermedades en las plantas, que generan pérdidas económicas considerables, ejemplo de hongos patógenos están los géneros *Alternaria*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Cladosporium*, *Phytophthora* y *Helminthosporium* entre otros (Leyva-Mir et al., 2004, Velásquez-Valle, 2007). Los hongos son transmitidos de un ciclo agrícola a otro a través de las semillas de la planta, introducidos en el sistema a través de las prácticas agrícolas o por encontrarse en forma natural en el ecosistema (Formento, 2010). Pueden afectar la salud de los animales y humanos ya que ciertas especies producen toxinas con efectos adversos. Entre los agentes productores de sustancias tóxicas, se encuentran algunas especies de *Fusarium* hongo que es muy común en todo tipo de cultivos. El control de enfermedades en las plantas causadas por hongos se realiza por aplicación de agentes químicos, por la introducción de plantas con resistencia genética y por control biológico. El control químico ha sido el principal método de manejo de plagas y enfermedades de los cultivos; los cuales presentan problemas de contaminación ambiental impactando negativamente en la biodiversidad de los agro-ecosistemas, así como en la seguridad de manejo y en la salud pública inherentes a la fabricación y uso inadecuado de los agroquímicos



(De-Bashan *et al.*, 2007). El control biológico de agentes patógenos mediante el uso de microorganismos benéficos es una alternativa de aplicación que tiene importancia económica y ambiental. Numerosos microorganismos saprofitos de la rizósfera y de la filosfera protegen de forma natural a las plantas contra los patógenos mediante el amensalismo. Gran número de microorganismos benéficos fijadores de nitrógeno y productores de sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal (BPCV) tienen la capacidad de producir sustancias antibióticas. Tal es el caso de *Azospirillum* que ejerce efectos benéficos al ser inoculado en diversas plantas. Dichos efectos no sólo se deben a la fijación de nitrógeno y promoción del crecimiento vegetal, sino también a la disminución del daño causado por patógenos del suelo ya que tiene la capacidad de producir bacteriocinas, sideróforos y sustancias tipo auxinas con actividad antifúngica (Tapia-Hernández *et al.*, 1989; Somers *et al.*, 2005; Tortora *et al.*, 2011).

Materiales y Métodos

Se utilizaron 30 bacterias pertenecientes a la colección bacteriana del laboratorio de Microbiología de Suelos, se usó caldo nutritivo para la propagación y se incubaron a 30°C. Además se aislaron hongos asociados a las semillas de maíz de diferente procedencia (Tapia-López *et al.*, 2006). En la propagación de cepas fúngicas se realizó en agar de papa y dextrosa (PDA) y se incubó a 25°C. Las cepas bacterianas y fúngicas se caracterizaron mediante el sistema API 20NE de Biomerieux y por morfología microscópica respectivamente. El ensayo de antagonismo entre las bacterias caracterizadas y el hongo patógeno *Fusarium* sp. se realizó en caja Petri con agar de papa y dextrosa PDA, el inóculo bacteriano se extendió a partir de un radio de 3 cm y colocando el inóculo fúngico al centro de la caja (figura 2b). Como control se usó el hongo en ausencia de las bacterias reto. Para evaluar el efecto antagonista, a las 72 h se midió el diámetro del crecimiento fúngico, los datos se analizaron mediante un análisis de varianza y prueba de Tukey. Las bacterias que mostraron actividad antifúngica hacia *Fusarium* sp. se les propagó en medio líquido y se removió a las células por centrifugación. El sobrenadante se acidificó hasta pH 2.0 con HCl al 5 %. Se realizó la extracción mediante tres lavados con acetato de etilo. La fase orgánica se llevó a sequedad y se re-suspendió en 500 µL de metanol. Se separó los componentes por cromatografía en capa fina HPTLC para la obtención de las fracciones. Se realizaron ensayos de inhibición de *Fusarium* sp. con 10 µL del extracto bacteriano de las dos mejores cepas en la superficie de placas de agar conteniendo el hongo de reto. Como evidencia del efecto “*in vivo*”, se realizó la prueba de sanidad de semillas de maíz.

Resultados y Discusión

Los hongos aislados e identificados asociados a semillas de maíz fueron pertenecientes a ocho géneros con predominio de *Fusarium* sp. (Figura 2) y *Penicillium* sp. De 30 bacterias seleccionadas para el ensayo de antagonismo se encontraron diámetros de crecimiento de *Fusarium* sp. (Cuadro 1) desde 4.96 cm para el tratamiento control y de 2.48 a 3.29 cm en presencia de las bacterias seleccionadas. Los resultados de identificación bioquímica indican que pertenecen a las especies *Pseudomonas fluorescens* (T19), *Sphingomonas paucimobilis* (C17) y *Azospirillum brasilense* (TRZ2B1) entre otras. Además, se realizó la digestión de los amplificadores del gen 16S DNA con un perfil característico en cada especie.

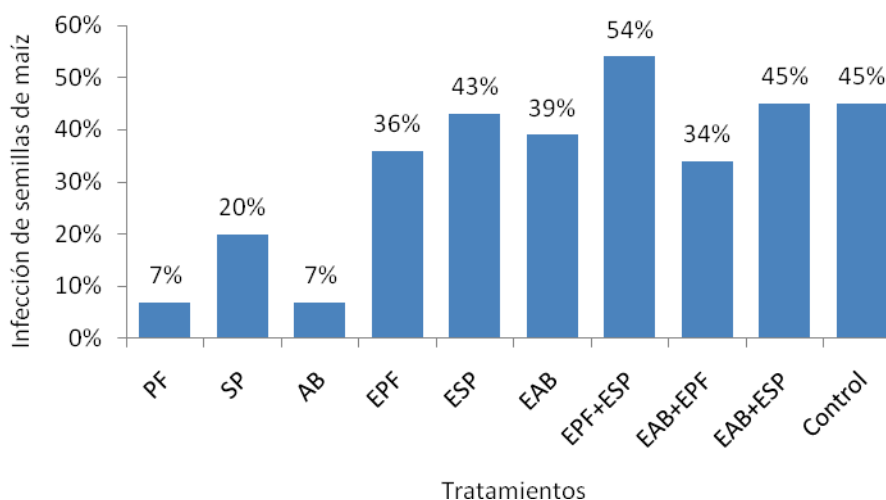


Figura 1. Pruebas de sanidad de semillas de maíz en presencia de bacterias y sus extractos. *Pseudomonas fluorescens* T19 (PF); *Sphingomonas paucimobilis* C17 (SP); y *Azospirillum brasilense* TRZ2B1 (AB). El extracto se realizó a partir del cultivo bacteriano. Las mezclas corresponden a la mezcla de los extractos individuales.

En la Figura 1 se observa que las semillas de maíz poseen un 45% de infección en el tratamiento control y que al ser inoculadas con *P. fluorescens* y *A. brasilense* el porcentaje de infección se reduce a 7% y con *S. paucimobilis* hasta 20%. También se encontró que cuando se aplican extractos de los cultivos bacterianos, el porcentaje de infección disminuye en menor proporción en comparación con las bacterias vivas. Por el contrario, cuando se adicionó el extracto de *P. fluorescens* en combinación con el extracto de *S. paucimobilis* se incrementó el porcentaje de infección (54%). Por otro lado se encontró que las cepas activas poseen la capacidad de producir sideróforos e índoles totales de las cepas bacterianas. Las cepas de *A. brasilense*, *S. paucimobilis* y *P. fluorescens* poseen diferente producción de sustancias indólicas en medios de cultivo. Se necesita caracterizar los compuestos involucrados en el antagonismo diferencial entre las cepas ya que la presencia de compuestos fenólicos como el ácido fenilacético puede ser uno de los compuestos responsables del efecto.

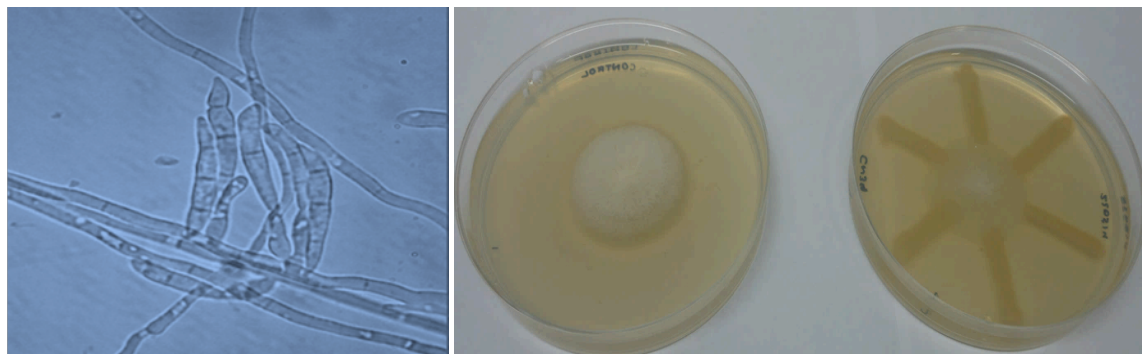


Figura 2. *Fusarium* sp. A) Morfología microscópica. B) Ensayo de antagonismo en presencia y ausencia de bacterias



Cuadro 1. Bacterias antagonistas evaluadas mediante la disminución del crecimiento radial de *Fusarium* sp.

Cepa	Procedencia	Diámetro ^a (cm)	Crecimiento (%)
C17	Suelo	2.36±0.3818	47.6
T 19	Rizósfera	2.48±0.1873	50.0
P 27	Rizósfera	2.50±0.1768	50.4
T42	Rizósfera	2.55±0.1414	51.4
<i>Azospirillum</i>	Rizósfera	2.67±0.1527	53.8
CA 39	Rizósfera	2.87±0.0624	57.8
AM1	Rizósfera	2.94±0.1721	59.3
CA5	Rizósfera	3.01±0.0115	60.7
P 36	Rizósfera	3.02±0.0550	60.9
CA 43	Rizósfera	3.04±0.2259	61.3
T40	Rizósfera	3.09±0.0000	62.3
CA 16	Rizósfera	3.15±0.0100	63.5
P13	Rizósfera	3.19±0.3233	64.3
T 1	Rizósfera	3.24±0.0404	65.3
CR 1	Rizósfera	3.29±0.5621	66.3
AM39	Rizósfera	ND	ND
Control	Hongo	4.96±0.0058	100

^aLos diámetros reportados corresponden a la media de tres repeticiones. ND = No determinado

En este trabajo se demostró que las cepas bacterianas utilizadas tienen un efecto inhibitorio de *Fusarium* sp. Lo que corrobora lo mencionado por algunos autores que señalan el efecto de las bacterias asociadas a las plantas en el control biológico de patógenos (Hernández *et al.*, 2004). Las respuestas obtenidas podrían estar relacionadas con la producción de metabolitos de naturaleza antibiótica como se ha demostrado con cepas de *Pseudomonas* capaces de suprimir patógenos presentes en la rizósfera, a través de la producción de 2,4 dimethylphloroglucinol y pirrolnitrina (Validov *et al.*, 2005). También ha reportado que algunas cepas benéficas de *Pseudomonas*, productoras de sustancias antibióticas como los sideróforos, suprimen el crecimiento de muchos hongos patógenos, los datos anteriores muestran la evidencia de antagonismo hacia los hongos ensayados. Otros reportes indican que el mecanismo de protección contra fitopatógenos es indirectamente la promoción del crecimiento vegetal o la competencia con bacterias presentes en la planta (Cassanet *et al.*, 2013). En el caso de *Azospirillum* produce ácido fenil acético, una molécula tipo auxina con actividad antagónica “*in vitro*” hacia bacterias Gram negativas y también con actividad antifúngica contra *Alternaria brassicola*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *matthiolae* y *Neurospora crassa* (Somers *et al.*, 2005; Tapia-López *et al.*, 2012).

Conclusiones

El desarrollo del hongo *Fusarium* sp. es inhibido con éxito por el uso de bacterias tipo PGPRs como *Pseudomonas*, *Sphingomonas* en sinergia con *Azospirillum*. Dichas bacterias potencialmente eficientes en el control biológico de patógenos podrían ser utilizadas en la agricultura en beneficio de los cultivos de maíz.



Agradecimientos

El trabajo de investigación forma parte de los resultados del proyecto “Biopreparado bacteriano de uso agrícola con actividad antifúngica” (DITCO-CUVyTT-BUAP-10). A López-Santamaría N. y Martínez-Atenco E. D de la UTP y UTIM (Puebla), respectivamente, por sus participación técnica.

Bibliografía

- Cassán, F., Vanderleyden, J., and S. Spaepen. 2014. Physiological and agronomical aspects of phytohormone production by model plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) belonging to the genus *Azospirillum*. *Journal of Plant Growth Regulation*. 33:440-459.
- De-Bashan L. E., G. Holguin, B. R. Glick y Y. Bashan. 2007. Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. In: *Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico, planta-microorganismo*. (Eds.) Ferrera-Cerrato, R., and Alarcon, A. Chapter 8. Published by: Editorial Trillas, México City, México. pp. 170-224.
- Formento N. A. 2010. Enfermedades foliares reemergentes del cultivo de maíz: Royas (*Puccinia sorghi* y *Puccinia polysora*), Tizón foliar (*Exserohilum turcicum*) y Mancha ocular (*Kabatiella zeae*). *Estación Experimental Agropecuaria Paraná. INTA*. 1-15.
- Hernández, A., N. Rives, A. Caballero, A.N. Hernández y M. Heydrich. 2004. Caracterización de rizobacterias asociados al cultivo del maíz en la producción de metabolitos del tipo AIAS y sideróforos y ácido salicílico. *Rev. Col. Biotec*. 6(1): 6-13.
- Leyva-Mir, S. G. E. Espitia-Rangel, E., Villaseñor-Mir, H. E. y Espino, J. H. 2004. Pérdidas ocasionadas por *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Eriks. y Henn. Causante de la Roya del Tallo en Seis Cultivares de Avena (*Avena sativa* L.) en los Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 22(2):166-171.
- Somers E., D. Ptacek, P. Gysegom, M. Srinivasan and J. Vanderleyden. 2005. *Azospirillum brasilense* produces the auxin-like phenylacetic acid by using the key enzyme for indole-3-acetic acid biosynthesis. *Appl. Environ Microbiol*. 71(4):1803-1810.
- Tapia-Hernández, A., Mascarúa-Esparza, M. A., y Caballero-Mellado, J. 1989. Production of bacteriocins and siderophore-like activity by *Azospirillum brasilense*. *Microbios*, 64(259), 73-83.
- Tapia-López L., Carcaño-Montiel M., López-Reyes L. 2012. Efecto de la aplicación de *Azospirillum brasilense* en el control de enfermedades foliares de teocintle (*Zea mays* L. ssp *mexicana*). En: Bravo-Lozano F., Hernández-Martínez J., Lara-Herrera A., Magallanes-Quintanar R., Méndez-Gallegos S., Valdez-Cepeda D.R. *Tópicos Edafológicos de Actualidad. Biología*. Primera edición. Soc. Mex. Cs. Suelo. ISBN 978-607-7678-76-2.
- Tapia-López L., Fuentes-Zamitiz E., Carcaño-Montiel M. G., Muñoz-García A. A. y López-Reyes L. 2006. Aislamiento e identificación de géneros fúngicos asociados a *Zea mays* L. ssp *mexicana*. En: Ruiz C. J., Castelán V. R., Cedillo R. L., Tamariz F. V., Geissler D. G., Hernández E. M., Morán P. J., Tornero C. M. *Ciencias Ambientales. Temáticas para el Desarrollo II*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Tortora M. L., J. C. Diaz-Ricci, R. O. Pedraza. 2011. *Azospirillum brasilense* siderophores with antifungal activity against *Colletotrichum acutatum*. *Arch. Microbiol*. 193:275–286.
- Validov, S., O. Mavrodi, L. Dela Fuente, A. Boronin, D. Weller, L. Thomashow y D. Mavrodi. 2005. Antagonic activity among 2,4-diacetylphloroglucinol-producing fluorescent *Pseudomonas* spp. *FEMS Microb. Letters* 242:249-256.
- Velásquez-Valle, R., Amador-Ramírez, M. D., Medina-Aguilar, M. M., y Lara-Victoriano, F. 2007. Presencia de patógenos en almácigos y semilla de chile (*Capsicum annuum* L.) en Aguascalientes y Zacatecas, México. *Rev. Mex. de Fitopatología*. 25(1): 75-79.





ESTIÉRCOL SOLARIZADO COMO FERTILIZANTE ORGANICO EN EL CULTIVO DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.)

Medrano-Almaraz, Y.¹; Flores-Margez, J.P.^{2*}; Corral-Díaz B.²; Osuna-Ávila P.²; y Olivas- Enriquez. E.²

¹ Lic. en Biología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez Chihuahua.

² Docentes e Investigadores, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez Chihuahua, México. Anillo Envolvente PRONAF y Estocolmo s/n. Zona PRONAF. C.P. 32310. Tel. +52(656)-6881800, ext.1978.

* Autor responsable: juflores@uacj.mx.

Resumen

Una adecuada fertilización es indispensable para la obtención de alta producción y calidad en los cultivos. Actualmente, la fertilización química puede ser reemplazada con abonos orgánicos entre los cuales se encuentra el estiércol de animales, que es buena fuente de fertilizante. El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta del chile jalapeño *Capsicum annuum* a la aplicación de estiércol solarizado a diferentes dosis y comparar con estiércol sin solarizar en la respuesta de rendimiento y calidad del fruto. El estudio se realizó en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el invernadero del Instituto de Ciencias Biomédicas. Se evaluaron cuatro dosis para ambos tipos de estiércol: solarizado y sin solarizar. Las dosis fueron: 0, 20, 40 y 60 t/ha. Se observó que la altura de la planta en la fecha uno fue significativamente mayor ($p<0.05$) para las dosis de estiércol de 60 t/ha. Para los tipos de estiércol se encontró efecto significativo para las variables de clorofila y rendimiento de la planta, así como para el factor dosis de estiércol con respecto al total de flores producidas y para el contenido de clorofila, mientras que para la interacción entre el estiércol y la dosis no se detectaron efectos significativos.

Palabras clave

Abono orgánico; Estiércol; Solarización

Introducción

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal o vegetal de los que las plantas pueden obtener grandes cantidades de nutrimentos; el suelo con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características tanto físicas, químicas como biológicas. Por las propias características en su composición, son formadores de humus y enriquecen al suelo. El uso de estos productos se basa principalmente en mantener y mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y obtener mayores rendimientos de las cosechas (SAGARPA, 2007). Entre los abonos orgánicos podemos destacar los siguientes: estiércoles de animales, biosólidos, residuos de cosechas, compostas, entre otros. Estos pueden ser utilizados en la agricultura como fertilizantes orgánicos, principalmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica y en producción intensiva, ya que los abonos tienen la facultad de aumentar la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. En México, los fertilizantes químicos comenzaron



a emplearse a mediados del siglo XX y rápidamente se convirtieron en elementos indispensables en los campos agrícolas. Pero en poco tiempo, se demostró que estos fertilizantes químicos algunas veces contienen metales y otros elementos riesgosos que pueden pasar a los frutos y por ende a los consumidores. Tan solo en el estado de Chihuahua, se producen más de 138,000 toneladas de estiércol de bovino al año, las cuales pueden tener un mejor manejo en la agricultura usándolo como abono orgánico (Flores, 2008). Se ha demostrado que el estiércol funciona bien como abono y la utilización de ellos tiene varias ventajas, por ejemplo una de ellas es la eliminación de este desecho ya que la acumulación del mismo causa contaminación al aire y al momento de utilizarlo como abono disminuye la cantidad de estiércol y la contaminación. En estudios pasados se emplearon varias técnicas en donde utilizaron diferentes tipos de estiércol y demostraron que hay que tener una dosis adecuada para cada tipo de estiércol así como también hay que darle un tratamiento de desinfección para que de esta manera el cultivo sea más efectivo (Fortis-Hernández *et al.*, 2007). Entre estos métodos de desinfección se encuentra el de la solarización. Es un método que ha sido utilizado con éxito en los suelos agrícolas para la desinfección, consiste en el calentamiento a través de la cubierta con plásticos, que tienen la capacidad de captar la radiación solar e incrementar considerablemente la temperatura, permitiendo la eliminación de los microorganismos presentes en el estiércol (Katan, 1980; Katan, 1996). Entre las especies con mayor riqueza y biodiversidad en México se encuentra el chile (*Capsicum annuum*) (Hermosillo-Cereceres *et al.*, 2008). El chile es una especie de gran importancia comercial y es cultivado para su consumo en fresco, seco y en productos procesados (FAOSTAT, 2009). El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta del chile jalapeño *Capsicum annuum* a la aplicación de estiércol solarizado y sin solarizar a diferentes dosis en la respuesta de rendimiento y calidad del fruto.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en ciudad Juárez Chihuahua dentro del Instituto de Ciencia Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, el mismo fue conducido en condiciones de invernadero durante el periodo de Febrero a Octubre de 2013 que corresponde al periodo de crecimiento Primavera-verano. El estiércol fue colectado de una lechería en producción en Ciudad Juárez. Se instaló una pila de 200 kg de estiércol en terrenos del ICB, el estiércol se humedeció de manera homogénea y se cubrió adecuadamente con plástico especial para solarizar para evitar la entrada de polvo y aire. Se registró la temperatura del estiércol tres veces a la semana durante tres meses. Se esperó a que la temperatura alcanzara hasta 60°C para eliminar la mayoría de los patógenos. Se utilizó chile jalapeño de la variedad M como cultivo indicador. La siembra consistió en utilizar vasos de unicel de 18 Oz. Con peat moss como sustrato para la germinación. Una vez que la planta germinó con una altura de 5 cm se trasplanta a las macetas de 4 kg con suelo y estiércol. Se aplicó agua de riego conforme lo requirió la planta, así como el control de plagas. Se llevaron a cabo análisis de suelo y estiércol de variables como textura de suelo, pH, salinidad y nitrógeno. A las plantas de chile se les registro altura, número, peso, longitud y ancho del fruto. Se emplearon dos tipos de estiércol (solarizado y sin solarizar) y para cada tipo se hicieron cuatro dosis (0, 20, 40 y 60 t/ha), con seis repeticiones a cada tratamiento, teniendo al final 48 unidades experimentales.

La descomposición del estiércol se evaluó al comparar el nitrógeno total del suelo al inicio y al final del experimento, con estas diferencias se calculó la cantidad de nitrógeno que estuvo disponible para la planta y su relación con las variables agronómicas que serán registradas en

las plantas de chile. Los datos obtenidos de las plantas se analizaron mediante ANOVA y pruebas de promedios por la técnica de Tukey con el programa estadístico SPSS 19.0.

Resultados y Discusión

Se consideró que la mejor temperatura para la eliminación de los patógenos del estiércol debe ser de 60°C como lo indican (Katan, 1980). En el trabajo realizado solo se alcanzó una temperatura máxima de 59°C como se muestra en la Figura 1. Se observó que la altura de la planta en la fecha de registro 1 fue significativamente mayor ($p < 0.05$) para la dosis máxima de estiércol (60 t/ha), mientras que las dosis de 20 y 40 t/ha no mostraron diferencia significativas, pero fueron mayores que la del testigo sin estiércol. La altura de planta para la fecha de registro 2 fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en la dosis menor de estiércol (20 t/ha). Las dosis de 40 y 60 t/ha no mostraron diferencia pero fueron mayores que la del testigo sin estiércol (Cuadro 1 y 2).

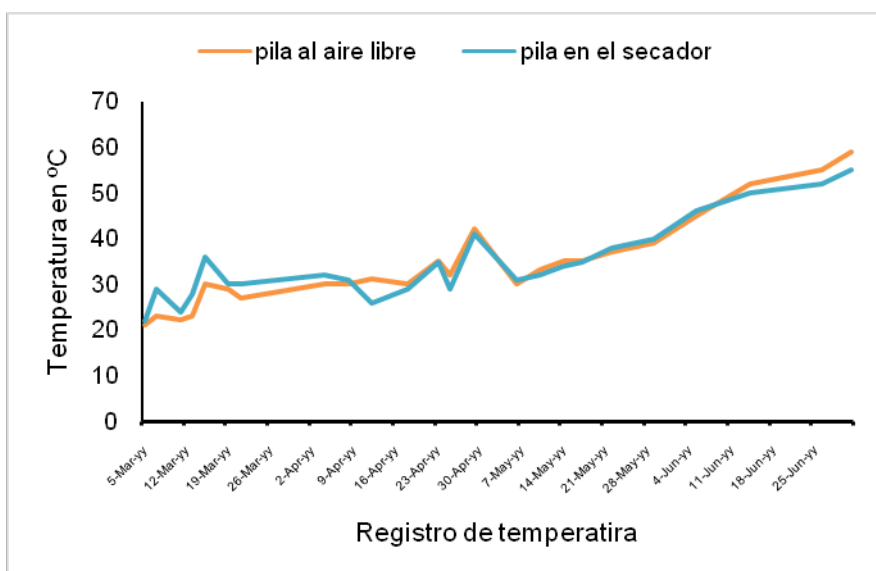


Figura 1. Comparación de temperaturas entre las dos pilas de estiércol solarizadas.

Cuadro 1. Análisis de varianza para altura de la planta de chile jalapeño en las distintas fechas.

Factor de variación		g.l.	Fecha1	Fecha 2	Fecha 3	Fecha 4
Estiércol	1		0.344	0.425	0.978	0.607
Dosis	3		0.057	0.121	0.167	0.488
Estiércol X dosis	3		0.747	0.945	0.942	0.924
$\alpha 0.1$						



Para los tipos de estiércol evaluados, se encontró efecto significativo ($p < 0.1$) en las variables de clorofila y rendimiento de la planta (Cuadro 3). Así como para el factor dosis de estiércol, el cual mostro efecto significativo para el número total de flores producidas, así como para la variable de contenido de clorofila ($p < 0.05$). Para la interacción entre el estiércol y la dosis, no se detectaron resultados significativos. Vázquez et al. (2011) realizaron la comparación de estiércol solarizado como fertilizante orgánico con respecto a un fertilizante químico, y llegaron a la conclusión de que las dosis más adecuadas o las que les resultaron más efectivas fueron las menores de 20 y 40 t/ha de estiércol, además de que el rendimiento de estas fue mucho mayor a las de los fertilizantes químicos. Mientras que Macías (2012) mencionaron que el estiércol de bovino no presento respuesta positiva al incremento en rendimiento, ya que como en nuestro caso, sus resultados fueron estadísticamente iguales al testigo absoluto, e hizo énfasis en que la gallinaza es una excelente alternativa en la producción de chile jalapeño, mientras que la aplicación del estiércol a las dosis probadas no afectaron el rendimiento ni la calidad del fruto.

Cuadro 2. Comparación de promedios de altura de planta de chile jalapeño para las distintas dosis de estiércol.

Altura (cm)	Dosis de estiércol (t/ha)			
	0	20	40	60
fecha 1	12.666 b*	17 ab	15.66 ab	18.58a
fecha 2	31.083 a	39.5 a	32.833 a	35 a
fecha 3	36.75 a	45 a	36.583 a	39.667 a
fecha 4	38.667 a	45.75 a	39.833 a	42.333 a

Promedios con la misma letra no son diferentes significativamente a un 95% de confianza.

Cuadro 3. Análisis de varianza para la producción de flores, clorofila y rendimiento de la planta de chile jalapeño.

Factor de variación	g.l.	Flores totales	Clorofila	Rendimiento
				g/planta
Estiércol	1	0.544	0.098	0.055
Dosis	3	0.049	0.001	0.137
Estiércol x dosis	3	0.592	0.143	0.163
α 0.05				

Conclusiones

El tratamiento de 60 t/ha fue el más efectivo para la variable altura de planta, así como para el nitrógeno disponible. Respecto al rendimiento de fruto de chile, se encontró diferencia significativa entre las dosis para los dos tipos de estiércol, los rendimientos más altos se presentaron en las dosis de 60 t/ha con un rendimiento de 71.7 g/planta que fue mayor al del testigo de 44.9 g/planta. Los tratamientos que presentaron el menor rendimiento fueron los de 20 y 40 t/ha con 60.9 y 58.0 g/planta, respectivamente, pero aun estos fueron mayores que el



testigo sin estiércol. La medición de clorofila fue significativamente mayor ($p < 0.01$) en el estiércol sin solarizar. Lo que indica mayor disponibilidad de N que en estiércol solarizado. El proceso de solarización permite eliminar patógenos del estiércol y microorganismos beneficios para la descomposición del estiércol y liberación de nutrientes en el suelo. El nivel más alto de N del suelo fue de 125 mg/kg en forma de nitratos disponibles en el tratamiento con estiércol sin solarizar, mientras que el estiércol solarizado presentó 80 mg/kg, pero este último presentó un nivel más alto de N que el testigo sin estiércol.

Agradecimientos

Al proyecto de red de cuerpos académicos apoyados por el PROMEP-SEP y a la red internacional de agricultura orgánica que integran la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, el Instituto Tecnológico de Torreón y la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Bibliografía

- Faostat. 2009. Food AND agriculture organization OF THE United Nations. [HTTP://FAOSTAT.FAO.ORG/SITE/567/DEFAULT.ASPX#](http://FAOSTAT.FAO.ORG/SITE/567/DEFAULT.ASPX#) consulta: 18 DICIEMBRE 2011.
- Flores, J; Corral, b; Quezada, a; Sotomayor, v. 2008. Mineralización de nitrógeno en suelo tratado con estiércol bovino y cultivado con algodón. Informe de proyecto de investigación. Universidad autónoma de ciudad Juárez instituto de ciencias biomédicas. Ciudad Juárez chihuahua.
- Fortis-Hernández, m.; Leos-Rodríguez, j. A. Y Salazar-Sosa, e. 2007. Normas de inocuidad para manejo de estiércol. *in: abonos orgánicos e inocuidad alimentaria*. 2007. Editorial. Faz-ujed.conacyt. 325 P.
- Hermosillo-cereceres, m. A., gonzález-garcía, ; j., romero-gómez, s. J., luján favela, ; m., ; hernández-martínez, a., & arévalo-gallegos, ; s. (2008). relación genética de materiales experimentales de chile tipo chilaca con variedades comerciales. *Chapingo*, 14(3), 301–307.
- Katan, J. A. 1980. Solar pasteurization of soil for disease control: status and prospect. *Plant dis.* 64:450-454.
- Katan, J. A. 1996. Soil SOLARIZATION: integrated control aspects. *in: principles and practice of managing soilborne plant pathogens*. R. Hall. Editorial. Aps press. 128 P.
- Sagarpa. (2007). Abonos ORGÁNICOS. *Sistema DE agronegocios agrícolas*, 1–7.
- Vazquez, V.C., García, H.J.L., Salazar, S.E., López, M.J.D., Valdez, C. R.D., orona, C. I., gallegos, R.M.A. Y preciado, R.P. 2011. Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*capsicum annuum* L.). *Revista Chapingo. Serie horticultura* 17:69-74.





EVALUACIÓN DE MINERALES EN PLANTAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) INOCULADAS CON *Azospirillum* SELENIO

Mendoza-Villarreal, Rosalinda^{1*}; Canales-Ruelas, Erik²; Valdes-Aguilar, Luis Alonso³ y Sandoval-Rangel, Alberto⁴

¹⁻⁴ **Universidad Autónoma Agraria Antonio. Saltillo, Coahuila, México**

*Autor responsable: rosalindamendoza@hotmail.com; Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP 25315; Tel. +52(844)-2544487

Resumen

El experimento consistió en estudiar las combinaciones de las concentraciones de 0,1,5 y 10 ppm de selenio y diluciones de 0, 10^4 , 10^6 , y 10^8 UFC mL⁻¹ de *Azospirillum*, con 16 tratamientos, utilizando 3 plantas por repetición en cada tratamiento en plántulas de tomate Var. Río grande. Las plantas fueron regadas con solución Steiner. Se utilizó un diseño factorial A x B completamente al azar. De acuerdo a la prueba de comparación de medias no se encontró diferencia significativa en las concentraciones de *Azospirillum* y la concentración de selenio afectó en la disponibilidad de los nutrientes. Se concluye que con la aplicación de 1 ppm de Selenio se absorbe la mayor cantidad de fósforo en plantas de tomate variedad Río grande. Con la aplicación de 1 ppm de Se y 10^6 UFC mL⁻¹ se incrementa el contenido de fósforo, el potasio con 1 ppm de Selenio y 10^4 UFC mL⁻¹ de *Azospirillum*. Cuando se aplica la menor concentración de Se las plantas lo absorben en su totalidad y disminuye la absorción al aplicar 5 y 10 ppm del elemento.

Palabras clave

Tomate, Selenio, *Azospirillum*

Introducción

Las rizobacterias fijan nitrógeno, producen fitohormonas y pueden reducir un número de metales pesados a los estados menos tóxicos (Kärenlampi *et al.*, 2000), muchos microorganismos pueden reducir los oxianiones solubles de selenio altamente tóxicos (selenato y selenito) a una forma insoluble menos tóxico como a selenio elemental, seleniuro y selenio orgánico (Garbisu *et al.*, 1996; Hageman *et al.*, 2013). Rhizobacterias del género *Azospirillum* disuelven y mineralizan los fosfatos, producen sideróforos y antibióticos (Vessey, 2003). El nivel de inoculación óptimo para semillas y plantas para muchos cereales, vegetales y plantas de cultivos comerciales, se ha observado que es alrededor de 10^4 y 10^6 UFC mL⁻¹. Mientras que para el maíz es de 10^7 UFC mL⁻¹. Una concentración del inoculo de 10^7 y 10^{10} UFC mL⁻¹ generalmente inhibe el desarrollo radicular (Cárdenas *et al.* 2010).

Por otro lado el selenio es un elemento traza y se encuentra en los suelos en forma móvil e inmóvil. Cuando no reacciona con el oxígeno del suelo permanece inmóvil. El selenio que es inmóvil y no se disuelve en el agua representa menor riesgo para los organismos. Los niveles de oxígeno en el aire y la acidez del suelo aumentarán las formas móviles del selenio. Las



actividades humanas tales como los procesos industriales y agrícolas incrementan los niveles de oxígeno y la acidez de los suelos. Cuando el selenio es más móvil, las probabilidades de exposición a sus componentes aumentarán considerablemente. La temperatura del suelo, la humedad, las concentraciones de selenio soluble en agua, la estación del año, el contenido en materia orgánica y la actividad microbiana determinarán la rapidez con la que el selenio se mueve a través del suelo (Ashworth & Shaw 2006). El comportamiento del selenio en el medio ambiente depende fuertemente de sus interacciones con otros componentes y de las condiciones medio ambientales (Ermakov & Jovanovic 2010). Las concentraciones de selenio en el suelo de diferentes estados del altiplano del país hacia el sur son menores a 0.1 ppm, cantidad muy baja que se refleja en deficiencias en plantas y animales. En los suelos del altiplano, de origen volcánico, hay presencia de carbonatos y se clasifican como fluvisoles y regosoles calcáreos, etc. La deficiencia de selenio resulta común en suelos ácidos de tipo arenoso o calcáreo con declives y erosionados. (Ashworth & Shaw, 2006).

El calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) son los principales elementos antagonistas en la absorción de diferentes elementos traza, entre ellos el selenio. Adicionalmente los suelos fuertemente fertilizados con superfosfatos y/o sulfatos se acidifican y los selenitos solubles forman complejos con sales de hierro (Ermakov & Jovanovic 2010).

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en un invernadero del departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en macetas con plantulas de tomate var. Río grande. Se establecieron 16 tratamientos con tres concentraciones de Se (1, 5, 10 ppm y un testigo sin selenio) y tres concentraciones de *Azospirillum* (10^4 , 10^6 y 10^8 UFC mL⁻¹ y un testigo sin bacterias), con tres plantas por repetición, distribuyéndose en un diseño completamente al azar. Las plántulas fueron regadas con solución Steiner, se analizaron el fósforo (método colorimétrico con molibdato de amonio), potasio por (absorción atómica) y selenio (absorción atómica de plasma), en las plántulas de tomate a los 30 días después del trasplante. Los resultados se analizaron bajo un diseño factorial A x B, donde A es la concentración de selenio y B la concentración de *Azospirillum*.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1, se observa que estadísticamente es igual la concentración de fósforo en plantas de tomate en las tres concentraciones de selenio y disminuye cuando no se aplica dicho elemento, en el mismo cuadro se observa para el potasio que el testigo sin selenio y con 1 ppm se encuentra la mayor cantidad del elemento y se disminuye el contenido con 5 y 10 ppm del selenio y al evaluar el contenido de selenio se observa que la mayor concentración del mineral se presenta en follaje de tomate al aplicar 10 ppm indicando con esto que se absorbió el 30% por la planta. Aunque el calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) son los principales elementos antagonistas en la absorción de diferentes elementos traza, entre ellos el selenio. Adicionalmente los suelos fuertemente fertilizados con superfosfatos y/o sulfatos se acidifican y los selenitos solubles forman complejos con sales de hierro (Ermakov & Jovanovic 2010).



Cuadro 1. Prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) en minerales con tres dosis de selenio aplicado a plantas de Tomate var. Río Grande, en invernadero, 2013.

Selenio	Fósforo	Potasio	Selenio
		Ppm	
0 ppm	1660.5 $\pm$ 580.05 b	438.33 $\pm$ 90.84 a	0.70 $\pm$ 1.42 b
1 ppm	2002.80 $\pm$ 404.28 ab	413.33 $\pm$ 225.52 ab	0.62 $\pm$ 0.30 b
5 ppm	1999.5 $\pm$ 450.40 ab	266.67 $\pm$ 106.30 b	1.25 $\pm$ 0.50 b
10 ppm	2363.01 $\pm$ 305.23 a	313.33 $\pm$ 95.50 b	3.00 $\pm$ 1.05 a
<i>Variables con la misma letra son estadísticamente iguales.</i>			

La prueba de comparación de medias de Tukey del Cuadro 2 muestra que no existe diferencia estadística entre las concentraciones de *Azospirillum* sobre la absorción de fósforo, potasio y selenio en plántulas de tomate.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) de minerales con tres dosis de *Azospirillum* aplicado a plántulas de tomate var. Río Grande, en invernadero, 2013.

<i>Azospirillum</i>	Fósforo	Potasio	Selenio
UFC ml⁻¹		Ppm	
0	1809.72 $\pm$ 520.84 a	356.66 $\pm$ 202.31 a	1.14 $\pm$ 1.19 a
10⁴	2091.85 $\pm$ 610.15 a	431.66 $\pm$ 159.19 a	1.20 $\pm$ 1.39 a
10⁶	2064.91 $\pm$ 430.93 a	323.33 $\pm$ 124.12 a	1.28 $\pm$ 1.30 a
10⁸	2059.22 $\pm$ 423.13 a	320.00 $\pm$ 103.39 a	1.92 $\pm$ 1.40 a

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales

La prueba de comparación de medias del Cuadro 3 muestra la interacción entre las concentraciones de selenio y de *Azospirillum* y para el contenido de fósforo se observa que al incrementar el contenido de selenio también lo hace el fósforo en el follaje, además que la concentración de 10⁴ UFC ml⁻¹ incrementa el contenido de fósforo cuando no se aplica selenio y disminuye con 10⁶ y 10⁸ UFC ml⁻¹ de bacteria, sin embargo cuando se aplicó 1 ppm de selenio mas 10⁶ UFC ml⁻¹ de *Azospirillum* comparado con la aplicación de selenio en plántulas de tomate se produce la mejor combinación. En el mismo cuadro se observa que para el potasio la mejor concentración se obtuvo con 1 ppm de Selenio y 10⁴ UFC ml⁻¹ de *Azospirillum*. Al aplicar una ppm de Selenio a plántulas de tomate se encontró que éste elemento se absorbe al 100% y cuando se aplican 5 ppm de Se combinado con 10⁶ UFC ml⁻¹ de *Azospirillum* y con 10 ppm de selenio mas 10⁴ UFC ml⁻¹ la planta solo absorbe el 28.8 % y 33 % respectivamente quizá cómo un mecanismo de defensa de la misma planta. Al respecto, Vázquez, 2013 demuestra que la concentración de 0.25 ppm de Se y 5.10⁺⁰⁶ UFC mL⁻¹ de la cepa C-5 de *Azospirillum* sp., afecta de manera positiva la calidad fisiológica de las plántulas de tomate. Villar (2005), en un experimento con plantas de *Brassica juncea* L., encontró que las bacterias facilitaron el 35% de volatilización de selenio y 70% de acumulación de selenio en planta, mostrando así que la presencia de bacterias en la rizósfera de *Brassica juncea* L., era necesaria para lograr las mejores tasas de acumulación de selenio en plantas. La respuesta de la inoculación de *Azospirillum* y selenio aplicados como tratamientos a semillas de tomate de las plantas a estos factores va a depender de la especie en estudio, en el caso del tomate se



requieren concentraciones generalmente bajas de selenio para que las respuestas sean favorables, ya que a altas concentraciones inducen mayor número de plantas anormales, observándose el efecto directo en las radículas de las plantas. En el caso de la producción de plántulas en invernadero también se requieren concentraciones bajas de selenio y *Azospirillum* (Vázquez, 2013). Muchos microorganismos pueden reducir los oxianiones solubles de selenio altamente tóxicos (selenato y selenito) a una forma insoluble mucho menos tóxica como el selenio elemental.

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) en minerales en plántulas de tomate var. Río Grande, de acuerdo a la interacción de selenio y *Azospirillum* aplicados en invernadero, 2013.

Selenio	<i>Azospirillum</i> UFC mL ⁻¹	Fósforo	Potasio Ppm	Selenio
0	0	1383.44 ± 493.56 a	420.00 ± 420.00 a	0.01 ± 0.01 b
0	10 ⁴	2034.90 ± 871.02 a	526.67 ± 526.67 a	0.01 ± 0.02 b
0	10 ⁶	1853.87 ± 250.50 a	413.33 ± 413.33 a	0.01 ± 0.01 ab
0	10 ⁸	1533.47 ± 526.42 a	393.33 ± 393.33 a	2.74 ± 1.63 a
1	0	2092.17 ± 514.57 a	546.67 ± 546.67 a	0.40 ± 0.01 b
1	10 ⁴	2103.60 ± 207.81 ^a	500.00 ± 500.00 a	0.60 ± 0.10 b
1	10 ⁶	2281.93 ± 40.03 a	233.33 ± 233.33 a	0.50 ± 0.00 ab
1	10 ⁸	1955.30 ± 338.92 ^a	373.33 ± 373.33 a	1.00 ± 0.44 a
5	0	2398.70 ± 186.16 a	206.67 ± 206.67 a	1.21 ± 0.26 b
5	10 ⁴	1864.30 ± 199.80 a	260.00 ± 260.00 a	1.00 ± 0.82 ab
5	10 ⁶	1779.50 ± 786.40 a	326.67 ± 326.67 a	1.44 ± 0.01 a
5	10 ⁸	2366.70 ± 284.12 a	273.33 ± 273.33 a	1.41 ± 0.43 a
10	0	2506.87 ± 254.64 a	253.33 ± 253.33 a	3.00 ± 0.15 a
10	10 ⁴	2256.87 ± 154.73 a	440.00 ± 440.00 a	3.30 ± 0.81 a
10	10 ⁶	2321.60 ± 468.36 a	320.00 ± 320.00 a	3.20 ± 0.70 a
10	10 ⁸	1369.68 ± 392.10 a	240.00 ± 240.00 a	2.55 ± 2.12 a

Tratamientos con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales.

Conclusiones

Con la aplicación de 1 ppm de Selenio se absorbe la mayor cantidad de fósforo en plantas de tomate variedad Río grande. Con la aplicación de 1 ppm de Se y 10⁶ UFC mL⁻¹ se incrementa el contenido de fósforo, el potasio con 1 ppm de Selenio y 10⁴ UFC mL⁻¹ de *Azospirillum*. Cuando se aplica la menor concentración de Se las plantas lo absorben en su totalidad y disminuye la absorción al aplicar 5 y 10 ppm del elemento.

Bibliografía

- Ashworth, D.J. & Shaw, G., 2006. Soil migration, plant uptake and volatilisation of radio-selenium from a contaminated water table. *The Science of the total environment*, 370(2-3).
- Cárdenas, D.M., Garrido, M.F. & Bonilla, R.R., 2010. Pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq) del Valle del Cesar. Isolation and identification of *Azospirillum* sp. in Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq) of the Valle del Cesar.



- Ermakov, V. & Jovanovic, L., 2010. Characteristics of selenium migration in soil–plant system of East Meshchera and Transbaikalia. *Journal of Geochemical Exploration*, 107(2):200–205.
- Garbisu, C., Ishii, T., Leighton, T., & Buchanan, B. B. (1996). Bacterial reduction of selenite to elemental selenium. *Chemical Geology*, 132, 199–204.
- Kärenlampi, S., Schat, H., Vangronsveld, J., Verkleij, J. A. C., Van der Lelie, D., Mergeay, M., & Tervahauta, A. I. (2000). Genetic engineering in the improvement of plants for phytoremediation of metal polluted soils. *Environmental pollution*, 107(2), 225–231.
- Vázquez D., Mendoza V, R. Benavides, M. A, Robledo, T. V, y Díaz G.J.A. 2013. Tratamiento de semillas de tomate con *Azospirillum* selenio para la optimización de la germinación y el vigor. *RevistaPhyton*. (Enprensa).
- Vessey, K. 2003. Plant growth promoting rizobacterias as biofertilizers. *Plant and soil*. 255: 571- 586.
- Villar J., M. Viñals, X Álvarez, y M. Dorta. 2005. Tecnología de producción de inoculantes de *Azospirillum* Factibilidad Económica de su Aplicación Agrícola en Cultivos Seleccionados. *Cultivos Tropicales*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) La Habana, Cuba. 26:(3) 23-26.





DINÁMICA ENZIMÁTICA DEL CICLO DEL CARBONO EN COMPOSTA DE ESTIÉRCOL DE BOVINO

Monárrez-Macias, N. M.^{1*}; Quintero-Lizaola, R.²; Pineda-Pineda, J.³; Ojeda-Trejo, E.⁴; Hernández-Acosta, E.⁵; Velázquez-Ramírez, L.⁶

¹FIRA región occidente, México. Ciudad, Estado. País.

^{2, 4}, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Postgrado en Edafología. ⁵Estadística. Montecillo, Estado de México. México.

^{3, 6} Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. Departamento de suelos. Estado de México. México.

*Autor responsable: mmonarrez@gmail.com; Calle Av. Empresarios Núm. 305-Piso 2, Col. Fracc. Plaza Corporativa Zapopán, Zapopán, Jalisco. México. CP 45 116; Tel. +52(33) 3648 5014

Resumen

Los estiércoles se han utilizado desde hace mucho tiempo para aumentar la fertilidad de los suelos y modificar sus características en beneficio del desarrollo de las plantas. Los grandes volúmenes de estiércoles, si no se manejan apropiadamente, por anaerobiosis producen metano y otros gases contaminantes y de mal olor. También proliferan organismos asociados a la transmisión de algunas enfermedades del hombre. Está plenamente comprobado que la materia orgánica es de una gran importancia para el buen desarrollo de las plantas. Por este motivo, se utilizó estiércol de bovino para la producción de composta, y se midió la actividad de las enzimas que participan en el ciclo del carbono; amilasa, celulasa, lipasa e invertasa, se realizaron tres repeticiones para cada enzima y se hicieron 5 muestreos; a los 20, 40, 60, 80 y 100 días. Los índices de cada enzima evaluada son: α -amilasa (EC 3.2.1.1) 1, 4, α -D-glucan-glucanohidrolasa. 22.6 mg de azúcares reductores 10 m.s^{-1} . 24h^{-1} , para la Celulasa (EC 3.2.1.4.) 1, 4- (1,3; 1,4)- β -D-glucan-4-glucanohidrolasa. 35.6 mg de glucosa g^{-1} $10 \text{ m.s. } 24\text{h}^{-1}$, para la lipasa (EC 3.1.1.3) Tracilglicerolacil-hidrolasa. 77 nM 4-metil umbeliferona $\text{g}^{-1}\text{m.s. h}^{-1}$ y para la Invertasa (EC 3.2.1.26) β -fructofuranosidofructohidrolasa. 4.3 mg de glucosa g^{-1} $10 \text{ m.s. } 24\text{h}^{-1}$. Los resultados obtenidos indican un descenso en la actividad de las enzimas que participan en el ciclo del carbono, e indica que la composta se encuentra en un estado de madurez óptimo.

Palabras clave

Amilasa; celulasa; lipasa; invertasa

Introducción

La utilización racional de los abonos orgánicos en el país, reviste una gran importancia, por constituir una fuente de nutrientes para los cultivos (Cruz, 1982). En nuestra agricultura, se observa que con aplicaciones de abonos orgánicos, principalmente estiércoles, se obtienen respuestas favorables en el rendimiento de las cosechas (Trinidad, 1999). Los abonos orgánicos son importantes por su contenido de materia orgánica; todos los suelos requieren la aportación de ésta como portadora de energía degradable y nutrientes para los microorganismos del suelo, así como muchas otras características físicas, químicas y biológicas (Fink, 1988).



Las excretas en las granjas ganaderas son en muchas ocasiones difíciles de manejar. Los grandes núcleos ganaderos aumentaron su densidad poblacional, incrementándose así también la cantidad de desechos, convirtiéndose en un ciclo de contaminantes como malos olores, presencia de roedores, foco de enfermedades para el mismo ganado y contaminación de mantos freáticos, entre otros (Leslie et al., 1999). El contenido mineral de los estiércoles es diferente y está en función de la raza del animal, tipo de alimento que consumen y las instalaciones donde se alojan. El almacenamiento del estiércol no afecta la concentración de los nutrimentos; sin embargo, el estiércol seco tiene una mayor concentración de nutrimentos que el estiércol fresco (Lupwayiet al., 2000).

El compostaje, es un método que se define como la degradación de la fracción orgánica de los residuos sólidos por la acción de diversas poblaciones biológicas bajo condiciones controladas hasta un estado lo suficientemente estable que permite su almacenamiento y utilización sin efectos nocivos (Félix et al., 2008), el composteo se ha presentado como uno de los procesos más apropiados para el tratamiento de los residuos sólidos, tanto municipales como los generados en algunas fuentes específicas (Félix et al., 2008). La calidad del compost está relacionada con los materiales que la originan y con el proceso de elaboración, esta variación será tanto en contenido de nutrimentos como de microorganismos y en base a estas variaciones se modificará el uso potencial del compost maduro. Mientras mayor diversidad tenga la materia orgánica de la que se forma la pila o cama, mayor cantidad de nutrientes tendrá la composta madura (Félix et al., 2008).

Las enzimas del suelo desempeñan importantes funciones bioquímicas en el proceso global de descomposición de la materia orgánica en el sistema suelo (Burns 1983; Sinsabaugh y Linkins 1991). Son importantes en la catalización de varias reacciones importantes, necesarias para los procesos de vida de los microorganismos en el suelo y la estabilización de la estructura del suelo, la descomposición de desechos orgánicos, formación de materia orgánica y el ciclo de nutrientes (Dick et al., 1994; Bakshi y Varma, 2011). La actividad de estas enzimas en el suelo se somete a complejos procesos bioquímicos que consisten de procesos sintéticos conectados ecológicamente y en la inmovilización y estabilidad enzimática (Kshattriya et al., 1992). Debido a lo anterior, el presente estudio se realizó con la finalidad de determinar si las enzimas del ciclo del carbono (amilasa, celulasa, lipasa e invertasa), son indicadores del proceso de compostaje y que la cuantificación de estas enzimas evalúa la mineralización del estiércol de bovino.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Se utilizó estiércol de bovino para la preparación de la composta en camas de 1 metro de ancho por 3 metros de largo. Se realizaron 5 muestreos, el primero a los 20 días después de la incorporación a la cama, y los siguientes cuatro a los 40, 60, 80 y 100 días, y cada muestreo tuvo tres repeticiones. De cada cama se tomaban 10 muestras al azar y se formaba una muestra compuesta, de la cual se tomaban 10 g para la medición de la cinética enzimática de las enzimas del carbono: amilasa, celulasa, lipasa e invertasa, y otros 10 g para el contenido de humedad. Las metodologías para la determinación de la actividad de las enzimas anteriormente mencionadas, se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Metodologías empleadas en la cinética enzimática de las enzimas participantes en el ciclo del carbono.

Ciclo del carbono						
Enzima	Sustrato	Condiciones de incubación			Producto	Referencia
		Amortiguador	Temperatura	Tiempo		
Amilasa	Almidón	Fosfatos pH 5.5	37 °C	24 h	Azúcares reducidos	Ross, 1966
Celulasa	Carboximetil celulosa	Acetato 2M pH 5.5	50 °C	24 h	Azúcares reducidos	Schinner y von Mersi, 1990
Lipasa	4-metil umbeliferona (4-MU)	Tris 0.1 M pH 7.5	30 °C	10 min	4metil umbeliferona heptanoato (4-MUH)	Schinneret <i>al.</i> , 1991
Invertasa	Sacarosa 20%	Acetato 2 M pH 5.5	37 °C	24 h	Azúcares reducidos	Schinner y von Mersi, 1990

Resultados y Discusión

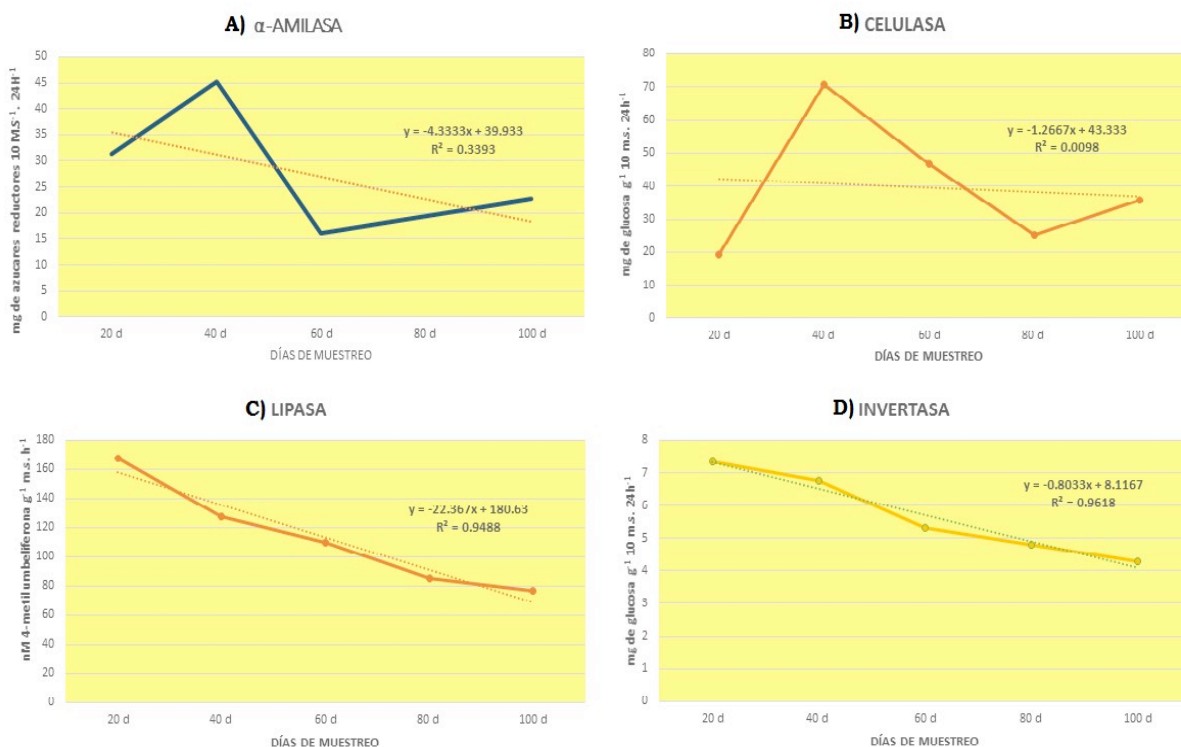


Figura 1. Comportamiento de la actividad de; A) amilasa, B) celulasa, C) lipasa e D) invertasa, durante los 5 muestreos, con la ecuación lineal y la R².

Hay un aumento de la actividad de la amilasa (Figura 1A) en el segundo muestreo a los 40 días, con un descenso a los 60 días y un ligero aumento a los 80 y 100 días. El comportamiento de la actividad de la enzima celulasa (Figura 1B) muestra una tendencia similar a la de la enzima amilasa, con un aumento de la actividad a los 40 días, un descenso gradual hasta los 80 días y un ligero aumento a los 100 días. El comportamiento de la actividad de la enzima lipasa (Figura 1C), presenta un descenso gradual, sin ningún aumento durante los 5 muestreos



realizados a diferencia de la actividad de las enzimas amilasa y celulasa. El comportamiento de la actividad de la enzima invertasa (Figura 1D), sigue una tendencia similar de disminución con cada muestreo, al de la actividad de la enzima lipasa. Las enzimas libres, producidas extracelularmente a partir de células vivas o liberado por células muertas o rotas, pueden persistir de diverso modo en el suelo.

La calidad y la salud de los suelos se miden a través de distintos indicadores que evalúan su funcionamiento (Donald *et al.*, 1998). Para medir la calidad, se considera que tan adecuadas son sus propiedades físicas y químicas para permitir el intercambio de gases, la retención de humedad y de nutrientes, la penetración de raíces, entre otros. Por su parte, para medir la salud del suelo se toma en cuenta la eficiencia de procesos como los ciclos de nutrientes y los flujos de energía. En este contexto, uno de los indicadores que se ha utilizado es la magnitud de la actividad de diferentes enzimas involucradas en los procesos antes mencionados. La descomposición de los residuos vegetales y animales constituye un proceso biológico básico en el cual el carbono es reciclado a la atmósfera como bióxido de carbono, el nitrógeno se libera en forma disponible como amonio y nitrato, y otros elementos asociados como fósforo, azufre y varios micronutrientes, resultan en formas disponibles requeridas por las plantas superiores. El ciclo conlleva el intercambio del elemento entre las partes vivientes y no vivientes del ecosistema (Quintero, 2002).

La ausencia de un sistema biológico de renovación o de acumulo de aquéllos, puede conducir a un rápido decrecimiento de su concentración, debido, tanto a fenómenos de hidrólisis por parte de proteinasas microbianas, como a su interacción con los coloides del suelo. La aceptación general del principio según el cual las enzimas pueden derivar de animales, plantas o microorganismos, está basada fundamentalmente en la afirmación de que en el suelo existe la posibilidad de que las enzimas se establezcan y persistan durante largos períodos de tiempo, incluso cuando han sido alejados de su fuente de producción.

La descomposición de los residuos vegetales y animales constituye un proceso biológico básico en el cual el carbono es reciclado a la atmósfera como bióxido de carbono; el nitrógeno se libera en forma disponible como amonio y nitrato y otros elementos asociados como fósforo, azufre y varios micronutrientes al igual que otros requeridos por las plantas superiores. La geoquímica del carbono tiene un especial significado, en razón del papel clave en la estructura protoplasmática y de su esencialidad en el metabolismo energético de los heterótrofos. El ciclo conlleva el intercambio del elemento entre las partes vivientes y no vivientes del ecosistema. Dentro de este proceso, parte de los nutrientes es asimilada por los microorganismos e incorporada a la biomasa microbiana de las compostas

Conclusiones

Las enzimas evaluadas; α -AMILASA (EC 3.2.1.1) 1, 4, α -D-glucan-glucanohidrolasa, Celulasa (EC 3.2.1.4.) 1, 4- (1,3; 1,4)- β -D-glucan-4-glucanohidrolasa, lipasa (EC 3.1.1.3) Tracilglicerolacil-hidrolasa y Invertasa (EC 3.2.1.26) β -fructofuranosidofructohidrolasa, son indicadores de la calidad del compost del estiércol de bovino.

Los índices de cada enzima evaluada son:

1. α -Amilasa (EC 3.2.1.1) 1,4, α -D-glucan-glucanohidrolasa. 22.6 mg de azúcares reductores $10 \text{ m.s}^{-1} \cdot 24\text{h}^{-1}$



2. Celulasa (EC 3.2.1.4.) 1, 4- (1,3; 1,4)- β -D-glucan-4-glucanohidrolasa. 35.6 mg de glucosa g^{-1} 10 m.s. 24h^{-1}
3. Lipasa (EC 3.1.1.3) Tracilglicerolacil-hidrolasa. 77 nM 4-metil umbeliferona $\text{g}^{-1}\text{m.s. h}^{-1}$
4. Invertasa (EC 3.2.1.26) β -fructofuranosidofructohidrolasa. 4.3 mg de glucosa g^{-1} 10 m.s. 24h^{-1} .

Bibliografía

- Bakshi, M. y Varma, A. 2011. Soil enzyme: the state of art. Varma, A., Shukia, G.; soilenzymology. Berlín. pp. 11-12.
- Burns, R. G. 1983. Extracellular enzyme-substrate interactions in soils, p 249-298. In J. H. Slater, R. Whittenbury, and J. W. T. Winperny (eds.) Microbes in their natural environments. University Press, Cambridge U. K.
- Cruz, M. S. 1982. Abonos orgánicos, Universidad Autónoma Chapingo, Imprenta Universitaria, Chapingo, México. 129 pp.
- Dick, W. A.; Cheng, L; Wang, P. 1994. Soil acid and alkaline phosphatase activity as pH adjustment indicators. Soil Biol. Biochem. 32: 1915-1919.
- Donald, J. 1998. Planificación para la distribución del abono y su utilización. Agrociencia 16:38-40.
- Félix H. J. A.; Sañudo T. R. R.; Rojo M. G. E.; Martínez R. R. y Olalde P. V. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable 4:57-67.
- Fink, A. 1988. Fertilizantes y fertilización, Editorial Reverté, S. A. Madrid, España, 159 pp.
- Kshattriya, S.; Sharma, G. D. y Mishra, R. R. 1992. Enzyme activities related to litter decomposition in the forests of different age and altitude in North East India. Soil Biol. Biochem. 24: 265-270.
- Leslie, G. C. P., G. Daigger T., y H. Lim. C. 1999. Biological Wastewater Treatment Seacod Edition. Edit. Marcel Dekker, Inc. New York, USA. Pp 61-113.
- Lupwayi N. Z.; M. Girma, y I. Haque. 2000. Plant nutrient contents of cattle manures from Small-scale farms and experimental stations in the Ethiopian highlands. Agriculture, Ecosystems and environment. 78:57-63.
- Quintero L. R. 2002. Formación de humus y dinámica enzimática en el proceso de vermicompostaje. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México.
- Sinsabaugh, R. L. y Linkins, A. E. 1991. Cellulase mobility in decomposing leaf litter. Soil Biol. Biochem. 21: 205-209.
- Trinidad, S. A. 1987. El uso de los Abonos orgánicos en la producción agrícola, Serie de cuadernos de Edafología #10, Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 8 pp.
- Trinidad, S. A. 1999. El papel de los abonos orgánicos en la productividad de los suelo. Lombricultura y Abonos orgánicos. Simposium Internacional y Primera Reunión Nacional. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Unidad de Identificación de Mercados. Chapingo, México. 3-16. pp.





DETERMINACIÓN DE HONGOS Y LEVADURAS EN FRUTO Y SUPERFICIE DE MELÓN DESARROLLADO EN SUSTRATOS ORGÁNICOS

Moreno-Resendez, A.^{1*}; Segundo-Morales, J.L.²; Froto-Madariaga, Ma.L.³; Fernández-Michel, S.G.³; Chavira-Zuñiga, Ma. A.³

¹Cuerpo Académico de Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria (CASISUPA) Clave: UAAAN-CA-14, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. México.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. México.

³Cuerpo Académico Ciencias Biológicas Aplicadas, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Coahuila Unidad Torreón. Torreón, Coahuila. México.

*Autor responsable: alejamorsa@yahoo.com.mx; Calle La Paz Núm. 230, Col. Torreón Residencial, Torreón, Coahuila. México. CP 27268; Tel. +52(871)-720-8607

Resumen

Se estableció, bajo condiciones de invernadero, el cultivo de melón desarrollados en mezclas de diferentes abonos orgánicos (vermicompost, compost simple y compost con yeso) con arena, para determinar la presencia de hongos y levaduras en pulpa y superficie del melón. Las mezclas CS:A, CY:A y VC:A presentaron las siguientes relaciones en volumen: 1:1, 1:2, 1:3 y 1:4 y se incluyó un testigo de arena al 100 % con solución de Steiner, para un total de 13 tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar. La cosecha se realizó en el punto de maduración de acuerdo a la NOM 109-SSA1-1994. Para la determinación de mohos y levaduras se utilizó la NOM-111-SSA1-1994, hasta la dilución 10^{-3} , utilizando PDA como medio de cultivo, se incubó a 35 °C por 48 h, para levaduras y de 3 a 5 días a 25 °C para hongos. El conteo de levaduras se realizó con un cuenta colonias y para la identificación de hongos, se utilizaron las cajas Petri con desarrollo de hongos durante el recuento, realizándose un macro-cultivo, tomando parte del inóculo del hongo, sembrándolo en la parte media de una caja Petri, dejándolas a temperatura ambiente durante cinco días y posteriormente éstos se identificaron con un microscopio compuesto. Aunque se registró la presencia de hongos y levaduras en la parte interna y externa (la mayor parte) del melón desarrollados con diferentes abonos orgánicos, éstos no sobrepasaron el límite máximo permisible establecido por la NOM-093-SSA1-1994.

Palabras clave

Abonos orgánicos; inocuidad; organismos patógenos

Introducción

Debido a que para la elaboración de los abonos orgánicos (AO) se utilizan residuos agropecuarios, industriales y/o municipales, con lo cual, además de reducir la contaminación ambiental y reciclar elementos nutritivos contenidos en estos materiales, también existen los riesgos de contaminación con metales pesados y por la presencia de patógenos (Mantovaniet al., 2004; Félix – Herrán et al., 2008). Soria-Fregoso et al. (2001), señalan que las excretas de animales, comúnmente usadas para elaborar AO, contienen elementos esenciales para los cultivos, pero también poseen elevadas concentraciones de coliformes fecales que provocan



enfermedades infecciosas, capaces de causar la muerte del hombre. En consecuencia, para que los residuos orgánicos sean utilizados como AO, previamente será necesario someterlos a procesos que eliminen los agentes infecciosos e. g., microorganismos patógenos como bacterias, huevos, larvas y pupas de insectos, hongos, protozos, entre otros.

Dos de los procesos que favorecen la descomposición de los residuos son el compostaje y el vermicompostaje (Quintero-Lizaola *et al.*, 2002) y se ha establecido que sus productos, el compost y el vermicompost, tanto por las temperaturas registradas en el primer proceso, la descomposición química de los productos, así como por la actividad de las lombrices en el segundo y la presencia de una miríada de microorganismos en ambos, presentan características antagónicas contra organismos fitopatógenos (Uribe *et al.*, 2009; Artavia *et al.*, 2010). Panikkaret *et al.* (2004) y Vicencio-de la Rosa *et al.* (2011) han establecido que el compostaje destruye patógenos, mientras que Valadares-Veras y Povinelli (2004) y Prysor-Williams *et al.* (2006) destacan que en diversos estudios se ha reportado la reducción de coliformes fecales y de *Salmonella* spp., durante el vermicompostaje. Domínguez *et al.* (2010) señalan que la adición de diferentes tipos de compost, aumenta la abundancia de microorganismos benéficos para las plantas y reduce el número de patógenos.

Por lo anteriormente descrito y en atención a que la demanda mundial de alimentos orgánicos, libres de agroquímicos y de microorganismos patógenos, ha crecido significativamente en los últimos años debido a la conciencia que ha tomado el consumidor por su salud (Hernández *et al.*, 2008), se pretende determinar la presencia de hongos y levaduras en fruto y superficie de melón desarrollados con abonos orgánicos, bajo condiciones de invernadero, que comprometan la calidad sanitaria del melón y por consecuencia la salud del consumidor

Materiales y Métodos

El establecimiento del cultivo de melón, del cual se obtuvieron los frutos para el análisis microbiológico, se realizó en el invernadero del Cuerpo Académico Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria (CASISUPA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, localizada en Torreón Coahuila, durante el ciclo P-V 2013. Para su desarrollo se utilizaron mezclas de diferentes AO [compost simple (CS), compost con yeso (CY) y vermicompost (VC)] con arena de río (AR), como material inerte, así como diferentes volúmenes de agua (cuadro 1). El manejo agronómico se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Moreno-Reséndez *et al.* (2010). Los tratamientos resultantes (T0 – T12) con cuatro repeticiones de distribuyeron en un diseño de bloques al azar.

Cuadro 1 Tratamientos evaluados durante el desarrollo del melón desarrollado con sustratos orgánicos y diferentes volúmenes de agua.

VR (L·maceta ⁻¹)	VC:AR	CS:AR	CY:AR	Testigo (T0)
	Relación volumen			
0.5	1:1 (T1)	1:1 (T2)	1:1 (T3)	AR al 100% + SN
1.0	1:2 (T4)	1:2 (T5)	1:2 (T6)	
1.5	1:3 (T7)	1:3 (T8)	1:3 (T9) [¶]	
2.0	1:4 (T10)	1:4 (T11)	1:4 (T12)	

VC= Vermicompost; CS= Compost simple; CY= Compost con yeso; AR= Arena de río; SN= Solución nutritiva de Steiner (1994); T= Tratamiento (T0-T12); [¶] = Sin fruto para evaluar, VR=Volumen de riego

Se realizaron tres muestreos en diferentes fechas, recuperando cuatro frutos por tratamiento, la cosecha se realizó cuando alcanzaron su maduración, al formarse tejido de abscisión alrededor



del pedúnculo (Cantamutto *et al.*, 2000) y de acuerdo a la norma NOM 109-SSA1-1994; utilizando los materiales estériles (guantes, batas, tapabocas, tijeras) para no alterar las condiciones de los frutos, cuidando tener el más mínimo contacto con el fruto. Los frutos colectados se depositaron en diferentes bolsas que contenían 225 mL de agua peptonada al 1 % para realizar el lavado del fruto (exocarpio) mediante agitación durante un minuto, posteriormente se elaboró una mezcla compuesta del enjuague de los cuatro frutos y está se depositó en frascos de boca ancha con tapa de 450 mL, una vez colectadas las muestras, tanto de fruto y enjuague, se identificaron debidamente y se colocaron en hieleras para su conservación durante el traslado hacia el Laboratorio de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Orientados a la Salud (CyTAOS) de la Escuela de Ciencias Biológicas, U A de C, UT.

Para el análisis microbiológico de la parte externa (exocarpio) se agregaron 10 mL del enjuague en frascos de 250 mL que contenían 90 mL de agua peptona al 1%. Mientras para el análisis microbiológico de la parte interna (mesocarpio o pulpa) los cuatro frutos se descascararon y una cuarta parte de éstos se cortó en forma de cubos, de aproximadamente 0.5 cm^3 , se homogenizaron y se extrajo una muestra representativa de 10 g, la cual fue colocada en 90 mL de agua peptonada al 1%. Para la determinación de mohos y levaduras se utilizó el método descrito por la NOM-111-SSA1-1994 considerando hasta la dilución 10^{-3} tanto en pulpa como en enjuague, utilizando el Agar papa dextrosa (PDA) como medio de cultivo, se incubó a 35°C por 48 h, para levaduras y de 3 a 5 días a 25°C para hongos. El conteo de levaduras se realizó con la ayuda de un cuenta colonias (Reichert Quebec Darkfield Colony Counter®), mientras para la identificación de hongos, se tomaron las cajas Petri con desarrollo de hongos durante el recuento, para esto se realizó un macro-cultivo, tomando parte del inóculo del hongo, sembrándolo en la parte media de una caja Petri que contenía medio de cultivo, dejándolas a temperatura ambiente durante cinco días y posteriormente estos se observaron con un microscopio compuesto (Carl Zeiss ® modelo 19035814) para su debida identificación.

Resultados y Discusión

Las UFC de hongos y levaduras determinados en la parte externa y la pulpa de los frutos de melón se aprecian en el Cuadro 2. En la parte externa, los tratamientos T0, T1, T3, T4, T7, T12, presentaron valores que oscilan de 500 a 123, 333 $\text{UFC}\cdot\text{mL}^{-1}$ de levaduras. La determinación de hongos en la parte externa de melón se observaron en los tratamientos T0, T1, T2, T3, T5, T8, T10 y T12 con valores que oscilan de 6 a 100 $\text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$. Corroborándose lo establecido por Camacho *et al.* (2009), quienes mencionan que siempre habrá un riesgo de contaminación de hongos y levaduras debido a que éstos pueden representar el 70 % de la población microbiana. Mientras para la parte interna de los frutos, los tratamientos T1, T3, T4, T7 y T12, presentaron valores de 100 a 8,833 $\text{UFC}\cdot\text{mL}^{-1}$ de levaduras. En pulpa solo en el T10 registró un valor promedio de 73 $\text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$ de hongos. Coincidiendo con Sánchez-Monedero *et al.* (2002) que mencionan que los procesos de descomposición de la MO (compostaje y vermicompostaje), eliminan la mayoría de los patógenos, lo que otorga un alto grado de seguridad de uso. Tanto los análisis para determinar hongos y levaduras de la parte externa del melón así como en la pulpa, no sobrepasaron el nivel de 150, 000 $\text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$ o $\text{UFC}\cdot\text{mL}^{-1}$ para frutas y verduras que en base a lo establecido en la NOM-093-SSA1-1994. Los géneros de hongos identificados, en casi todos los tratamientos del análisis del enjuague, se presentan en el cuadro 3, y los más frecuentes fueron: *Alternariaspp.*, *Aspergilluspp.*, y *Penicilliumpp.*, lo cual concuerda con lo señalado por Atlas y Bartha (2005), quienes afirman que, las especies de hongos más encontradas en los compost, son los géneros *Aspergilluspp.*, *Penicilliumpp.*, *Fusariumpp.*, y



Trichodermaspp.

Cuadro 2. Valores promedio de resultados del análisis de levaduras y hongos de la pulpa y enjuague de frutos de melón desarrollados con abonos orgánicos y diferentes volúmenes de agua bajo condiciones de invernadero

T	R	Hongos						Levaduras					
		Diluciones Enjuague (UFCm·L ⁻¹)			Diluciones Pulpa (UFC·g ⁻¹)			Diluciones Enjuague (UFCm·L ⁻¹)			Diluciones Pulpa (UFC·g ⁻¹)		
		10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
T0	3	663	10366	1900	23	NP	666	66	66	NP	NP	NP	NP
T1	3	500	29266	123333	5400	8833	4000	26	100	NP	NP	NP	NP
T2	3	156	100	333	3	NP	NP	13	NP	NP	NP	NP	NP
T3	3	1500	3900	5666	186	366	NP	20	NP	NP	NP	NP	NP
T4	3	4050	24000	100666	113	133	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
T5	3	26	33	NP	NP	NP	666	6	NP	NP	NP	NP	NP
T6	3	20	233	NP	3	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
T7	3	1656	5433	3133	403	1766	1000	NP	NP	NP	NP	NP	NP
T8	3	33	66	NP	3	NP	NP	13	NP	NP	NP	NP	NP
T9 [¶]	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T10	3	123	100	NP	23	NP	NP	6	NP	NP	73	NP	NP
T11	3	23	NP	NP	NP	NP	NP	6	NP	NP	NP	NP	NP
T12	3	18716	7833	33666	180	100	NP	16	NP	NP	NP	NP	NP

T = Tratamientos (T0 – T12); R = Repetición; UFC = Unidades formadoras de colonias; NP = No presente; [¶] = Sin desarrollo de frutos

Cuadro 3. Géneros de hongos identificados en pulpa y enjuague de frutos de melón desarrollados con abonos orgánicos y diferentes volúmenes de agua bajo condiciones de invernadero

Tratamiento	Dilución	Análisis de Pulpa	Análisis de Enjuague	Género
T0	10 ⁻¹		✓	<i>Penicillium</i> spp.
T0	10 ⁻¹		✓	<i>Aspergillus</i> spp.
T1	10 ⁻¹		✓	<i>Helminthosporium</i> spp.
T2	10 ⁻¹		✓	<i>Aspergillus</i> spp.
T2	10 ⁻¹		✓	<i>Alternaria</i> spp.
T3	10 ⁻¹		✓	<i>Aspergillus</i> spp.
T3	10 ⁻¹		✓	<i>Alternaria</i> spp.
T5	10 ⁻¹		✓	<i>Aspergillus</i> spp.
T5	10 ⁻¹		✓	<i>Alternaria</i> spp.
T6	10 ⁻³		✓	<i>Pythium</i> spp.
T6	10 ⁻¹		✓	<i>Penicillium</i> spp.
T6	10 ⁻¹		✓	<i>Aspergillus</i> spp.
T7	10 ⁻¹		✓	<i>Mycovellosiella</i> spp.
T7	10 ⁻²		✓	<i>Aspergillus</i> spp.
T8	10 ⁻¹		✓	<i>Pythium</i> spp.
T8	10 ⁻¹		✓	<i>Alternaria</i> spp.
T8	10 ⁻¹		✓	<i>Penicillium</i> spp.
T8	10 ⁻¹		✓	<i>Mycovellosiella</i> spp.
T10	10 ⁻¹		✓	<i>Alternaria</i> spp.
T10	10 ⁻¹	✓		<i>Alternaria</i> spp.
T11	10 ⁻¹		✓	<i>Aspergillus</i> spp.
T11	10 ⁻¹		✓	<i>Alternaria</i> spp.
T12	10 ⁻¹		✓	<i>Aspergillus</i> spp.

Conclusión

A pesar de la presencia de hongos y levaduras en la parte interna y externa (la mayor parte) del fruto de melón desarrollados con diferentes abonos orgánicos, éstos no sobrepasaron el límite máximo permisible establecido por la NOM-093-SSA1-1994. Por lo que se concluye que los AO junto con diferentes volúmenes de agua y bajo condiciones de invernadero, favorecen la inocuidad de los frutos de melón, respecto a la presencia de organismos patógenos. Así, estos resultados son en apoyo a la agricultura orgánica como alternativa para las personas que desean frutas inocuas que les garantice su bienestar al ingerirlas.



Bibliografía

- Artavia, S., L. Uribe, F. Saborío, L. F. Arauz and L. Castro. 2010. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythiummyriotylum* en plantas de tiquisque (*Xanthosomasagittifolium*). *Agronomía Costarricense* 34(1): 17-29.
- Atlas, R. and Bartha, L., 2005. *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Pearson Educación, S. A. Madrid. 677.
- Camacho, A., M. Giles, A. Ortégón, M. Palao, B. Serrano and O. Velázquez. 2009. *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos*. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México. 13 pp.
- Cantamutto, M., M. Ayastuy, I. Kroeger, V. Elisei y P. Marinangeli. 2000. Efecto del sistema de iniciación y del acolchado del suelo sobre la producción de melón en el sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 104(2): 157 – 162.
- Domínguez, J., M. Gómez-Brandón and C. Lazcano. 2010. Propiedades bioplaguicidas del vermicompost. *Acta zoológica mexicana*, 26: 373-383.
- Félix-Herrán, J.A., R.R. Sañudo-Torres, G.E. Rojo-Martínez, R. Martínez-Ruiz y V. Olalde-Portugal. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. /Importance of organicmanures). *Ra Ximhai*, 4(1): 57-67.
- Hernández A., J.A., F. Guerrero L., L.E. Mármol C., J.M. Bárcenas B. and E. Salas. 2008. Caracterización física según granulometría de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Interciencia*, 33(9): 668-671.
- Mantovani, J.R., M.C.Pessôa da Cruz, M.E.andFerreira, W.Lopes-Alves. 2004. Extratores para avaliação da disponibilidade de metais pesados em solos adubadoscomvermicomposto de lixo urbano. *Pesq. Agropec. Bras.* 39, 371-378.
- Moreno-Reséndez, A., H. Meza-Morales, N. Rodríguez-Dimas and J.L. Reyes-Carrillo. 2010. Development of muskmelonwithdifferent mixtures of vermicompost:sandundergreenhouseconditions. *J. PlantNutrition*, 33(11): 1672 — 1680
- Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos. *Diario Oficial de la Federación* 29 P. México, D. F. Disponible en: <http://www.bidihmujer.salud.gob.mx/documentos/leyes/NOM-093-SSA11994%20preparacion%20alimentos%20establec%20fijos.pdf>. Fecha de recuperación: 21-05- 2014.
- Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994, Bienes y servicios. Procedimiento para la Toma, Manejo y transporte de Muestras de Alimentos para su Análisis Microbiológico. *Diario Oficial de la Federación*. México, D. F. Disponible en: (<http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Normas/111ssa1.pdf>). Fecha de recuperación: 29-07- 2013.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-111-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. *Diario Oficial de la Federación* 29 P. México, D. F. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/111ssa14.html>. Fecha de recuperación: 21-11-2013.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Organización Mundial de la Salud (FAO-OMS). 2009. *Higiene de los alimentos. Textos básicos*. 4ª. Edición. Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/012/a1552s/a1552s00.pdf>. Fecha de consulta: 9 de diciembre de 2013.
- Panikkar, A.K., S.J. Riley and S.P. Shrestha. 2004 Risk Management in Vermicomposting of DomesticOrganicWaste. *Enviro. Health*. 4(2): 11-19.
- Pryor-Williams A., P. Roberts, L.M. Avery,K.Killhamand D.L. Jones. 2006. Earthworms as vectors of *Escherichiacoli* O157:H7 in soil and vermicomposts. *FEMS MicrobiologyEcology* 58:54-64.
- Quintero-Lizaola, R., R.Ferrera-Cerrato, J.D.Etchevers-Barra, N.E. García-Calderón, R. Rodríguez-Kabana, G.Alcántar-González andA. Aguilar-Santelises, 2003. Enzimas que participan en el proceso de vermicompostaje. *Terra* 21(1): 73-80.
- Sánchez-Monedero, M.A., J.Cegarra,D.Garciaand A. Roig. 2002. Chemical and structuralevolution of humicacidsduringorganicwastecomposting. *Biodegradation* 13: 361-371
- Soria-Fregoso, M.J., R.Ferrera-Cerrato, J.D.Etchevers-Barra, G.Alcántar-González, J. Trinidad-Santos, L. Borges-Gómez and G.Pereyda-Pérez. 2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestion de excreta líquida de cerdo. *Terra Latinoamericana* 19: 353-362.
- Uribe, L., L. F. Arauz, M. Mata, G. Meneses y L. Castro. 2009. Efecto del vermicompostaje sobre las poblaciones de *Colletotrichumacutatum* y *Pectobacteriumcarotovorum* presentes en residuos de plantas. *Agronomía Costarricense* 33(1): 91-101.
- Valadares-Veras, L.R. and J. Povinelli. 2004. A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada comcomposto de lixo urbano. *Eng. Sanit. Ambient.* 9, 218-224.



BIOACUMULACIÓN DE MICRONUTRIENTES EN FRUTO DE PIMIENTO MORRÓN BAJO INFLUENCIA DE PORTAINJERTO

Muñoz-Márquez, E.¹; Sánchez-Chávez, E.^{1*}

¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Delicias, Chihuahua. México.

*Autor responsable: esteban@ciad.mx; Ave. 4ª. sur, Núm. 3820, Col. Vencedores del desierto, Delicias, Chihuahua. México. CP 33089; Tel. +52(639)-474-8704

Resumen

El injerto en vegetales influye en la calidad nutritiva de los frutos. El presente trabajo tuvo como objetivo, evaluar el efecto del portainjerto Terrano en las variedades de chile pimiento morrón Fascinato y Janette, y su efecto en la bioacumulación de micronutrientes en el fruto. El trabajo se desarrolló en casa sombra y se llevaron a cabo seis muestreos durante el ciclo del cultivo. Los resultados muestran diferencias en el contenido de los micronutrientes Fe, Zn y Cu entre variedades, entre plantas injertadas y no injertadas, y entre fechas de muestreo. Fascinato mostró las concentraciones más altas de Fe, Zn y Cu a diferencia de Janette. En general, el injerto aumenta la concentración de micronutrientes necesarios para la formación de compuestos bioactivos. Se concluye que el injerto con el portainjerto Terrano mejora la calidad nutricional de los frutos de las variedades de pimiento morrón estudiadas.

Palabras clave

Injerto; acumulación; *Capsicum annuum* L.

Introducción

El pimiento morrón se ha convertido en un alimento nutritivo y decorativo muy popular en la población. Estos vegetales contienen varios componentes anticancerígenos, tales como vitaminas, antioxidantes, ácido fenólico y otros que protegen al organismo contra daños al DNA y mutaciones (Frei y Higdon, 2003). Los genotipos, la etapa de maduración del fruto, disponibilidad de nutrientes y las condiciones de cultivo, pueden variar los niveles de estos compuestos (Markusef *et al.*, 1999).

Para aumentar las concentraciones minerales en los tejidos comestibles, debe haber aumento de la captación por las raíces, redistribución efectiva dentro de la planta a la parte comestible, y la acumulación mineral en éstos tejidos en una forma no tóxica (Welch y Graham, 2005). Las nuevas investigaciones van enfocadas a mejorar la calidad nutricional, enfatizando en la concentración de compuestos bioactivos; siendo una de estas tecnologías el injerto de cultivos (Rouphalet *et al.*, 2010).

Actualmente, el injerto es una técnica aplicada a mejorar la captación de agua y nutrientes, así como, dar resistencia a enfermedades y tolerancia a diferentes condiciones de estrés ambiental (Eldestein, 2004).

En pimiento morrón el uso de injerto no está muy distribuido. Sin embargo, se ha puesto un poco de importancia en el efecto de diferentes portainjertos, y como pueden afectar la calidad



del fruto en plantas de pimiento morrón injertadas (López, 2013). Se ha evaluado el efecto de esta práctica en las características morfológicas en fruto (Lead-Fernández, 2013), sin embargo pocos estudios han examinado la relación entre el injerto y la composición nutricional en pimiento morrón y cómo influye respecto a la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos (Chávez *et al.*, 2013).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del portainjerto en la acumulación de micronutrientes en fruto de chile pimiento morrón.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en casa sombra empleando las variedades de pimiento morrón Fascinato y Janette, trasplantadas cinco semanas después de haber realizado el injerto el cual se efectuó el 12 de febrero de 2012. Estas mismas variedades pero con patrón franco fueron consideradas como control.

Dentro de la casa sombra, las características del suelo consistieron en franco arcillo arenoso con 12.08% de limo, 29.84% de arcilla y 57.36% de arena, además de contener: 50.17 ppm de Nitrógeno, 64.14 ppm de Fósforo, M.O 1.68%, C.E 0.84 dm•m, CIC 32.5 me•100g, pH 7.72. Se empleó un sistema de bloques completos al azar con cuatro tratamientos: 1) Fascinato con portainjerto Terrano, 2) Fascinato sin injerto, 3) Janette con portainjerto Terrano y 4) Janette sin injerto.

Las formas y dosis del programa de fertilización fueron: UAN32 (37.7 g•m²), NH₄NO₃ (50.4 g•m²), 5-30-00 (56 g•m²), KNO₃ (44.8 g•m²), Ca (NO₃)₂ (162.3 g•m²), K₂SO₄ (201.3 g•m²) y Mg SO₄ (107.5 g•m²). Suplementando con los productos comerciales: Amino Quelant Calcio, Flushing Boro, Tecnoquel Amino Mix y Tecnoquel Amino Fe 6%.

Muestreo vegetal

Se tomaron muestras de fruto con características deseables, los cuales fueron lavados con agua desionizada y puestos a secar por 24 h a 70°C; posteriormente, el material seco se molió para su análisis nutricional.

Análisis elemental

El corte de frutos se realizó cuando presentaron las características deseables de color y calibre, establecidos por el mercado. El análisis nutricional se llevó a cabo mediante espectrofotometría de absorción atómica (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011).

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza. La diferencia de la prueba de separación de medias de acuerdo a la prueba LSD (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; NS, No Significativo).

Resultados y Discusión

Para que la bioacumulación se lleve con éxito, es necesario tener en cuenta las formas de los elementos minerales adquiridos por las raíces, ya que el suministro y fitodisponibilidad puede estar limitada por la solución de la rizófera (Philip y Martin, 2009).

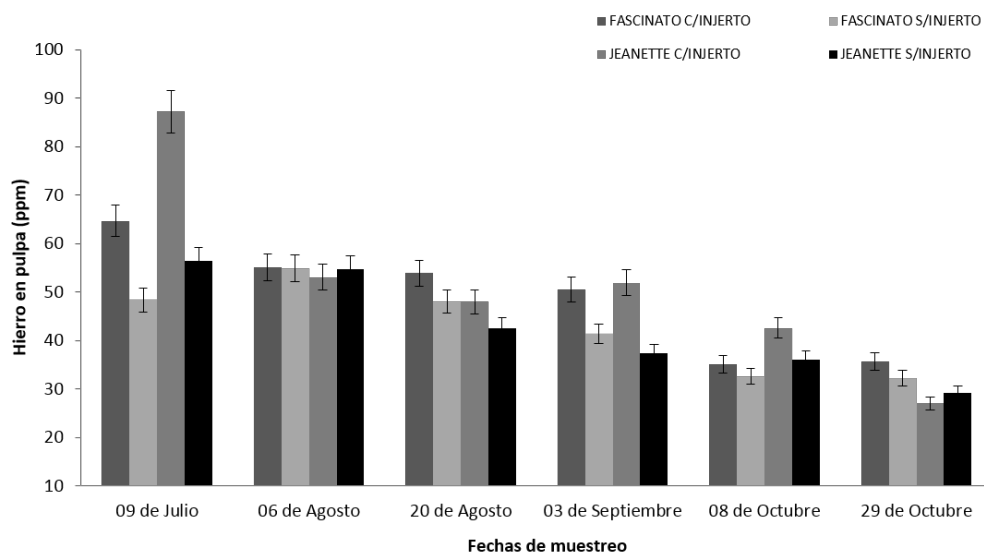


Figura 1. Concentración de hierro en dos variedades de pimiento morrón injertadas y no injertadas

En las muestras, las variedades Fascinato y Janette injertadas mostraron las concentraciones más altas de hierro (Figura 1). El mejor tratamiento se considera Fascinato injertado, mostrando mayor estabilidad en la concentración de hierro en el fruto a través del tiempo. Se puede observar también, que Fascinato injertado tiene en promedio 18.06 % más Fe que el no injertado, mientras que Janette con injerto registró 24.92% de diferencia respecto al no injertado. De acuerdo con Rivero, et al., 2007, el uso de portainjertos favorece la concentración de Fe en las partes aéreas en plantas de sandía. El Fe es un mineral clave (Briat y Lobréaux, 1997) relacionado con actividades enzimáticas que se ven favorecidas al incrementar su contenido (Nenova et al., 1995) y donde las reacciones donde participa son necesarias para la producción de compuestos bioactivos.

Otros elementos minerales esenciales en el metabolismo humano son el zinc y el cobre, comúnmente deficientes en la dieta humana; afortunadamente, con la bioacumulación en las partes comestibles de los vegetales, puede ayudarse a corregir este problema común en los países en desarrollo (Philip, 2009). Las figuras 2 y 3, muestran la concentración de Zn y Cu respectivamente en fruto de dos variedades de pimiento morrón en 6 fechas de muestreo.

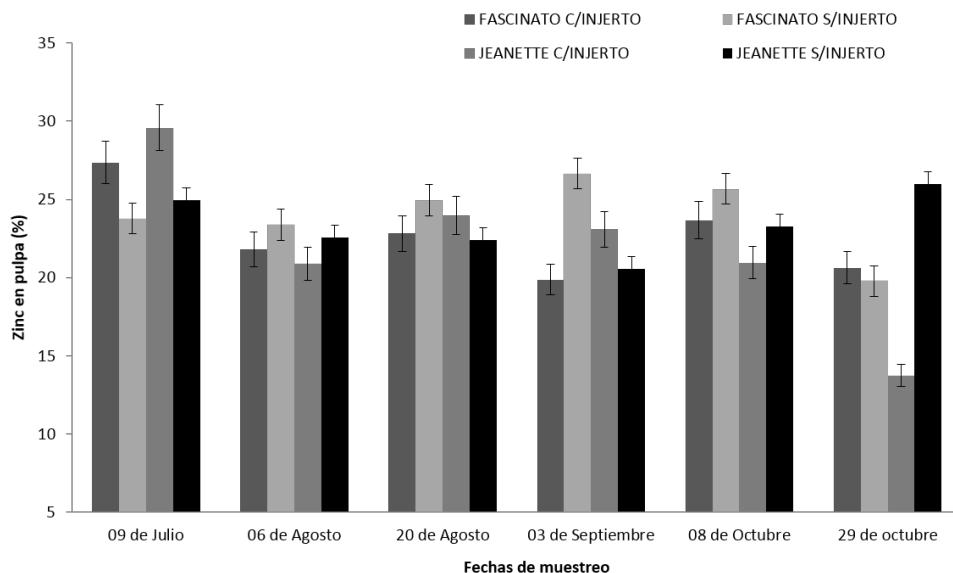


Figura 2. Concentración de zinc en dos variedades de pimiento morrón injertadas y no injertadas

Respecto a la concentración de Zn (Figura 2), el estudio muestra diferencias de concentración entre fechas de muestreo. La concentración más alta se detectó en el primer muestreo en la variedad Janette sin injerto con 29.58 ppm. También se muestra, como la variedad Fascianto sin injerto tiene las más altas concentraciones en las siguientes 4 fechas de muestreo.

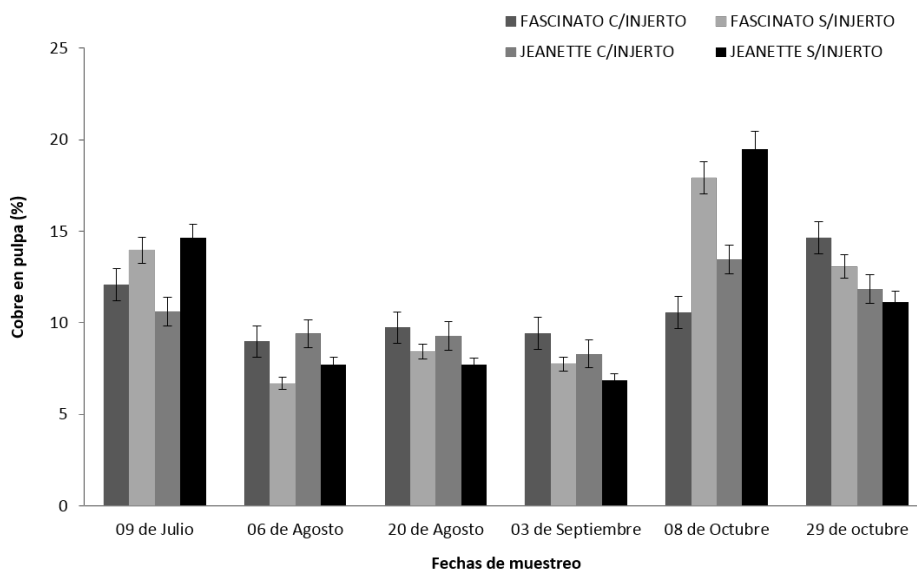


Figura 3. Concentración de cobre en dos variedades de pimiento morrón injertadas y no injertadas



En concentración de Cu (Figura 3), se observa interacción entre variedades e injerto. El mejor tratamiento se considera Fascinato injertado, debido a que presenta la concentración más alta en la mayoría de las fechas de muestreo. Seguido de Fascinato sin injerto que aunque más bajo en unas fechas, muestra una buena bioacumulación de este mineral. La variedad Janette muestra una diferencia promedio entre fechas de 27.62%, finalmente la variedad Janette fue la que mostró mayor variabilidad en la contenido de Cu y menor concentración en fechas a través del tiempo.

Conclusiones

Los resultados del estudio muestran diferencias en la acumulación de micronutrientes. La variedad Fascinato tuvo la mayor concentración de Fe, Zn y Cu respecto a Janette. La acumulación de nutrientes en el fruto se ve favorecida por el efecto del portainjerto Terrano, indicando que es apto para mejorar la calidad nutritiva en fruto de pimiento morrón.

Bibliografía

- Briat, J.F., S. Lobreáux. 1997. Iron transport and storage in plants. *Trend. Plant. Sci.* 2: 187-193.
- Chávez, C., E. Sánchez, E. Carvajal, E. Muñoz and A. Guevara. 2013. Characterization of the nutraceutical quality and antioxidant activity in bell pepper in response to grafting. *Molecules*. 18:15689-15703.
- Eldestein, M. 2004. Grafting vegetable crop plants. Pros and Cons. *Acta. Hort.* 659: 235-238.
- Frei, B., J.V. Higdon. 2003. Antioxidant activity of tea polyphenols *in vivo*: evidence for animal studies. *J. Nutr.* 10: 3275-3284.
- Lead, C., H. Godoy, C.A. Nuñez, J.I. Anaya, S. Villalobos and J.Z. Castellanos. 2013. Morphological response and fruit yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) grafted onto different commercial rootstocks. *Biol. Agric. Hortic.* 29: 1-11.
- Lopez, J., A. Gonzalez, F. Pérez, C. Egea and J.A. Fernandez. 2013. Grafting is an efficient alternative to shading screen to alleviate thermal stress in greenhouse-grown sweet pepper. *Sci. Hortic.* 149: 39-46.
- Markus, F., H.G. Daoud, J. Kaplany and P.A. Biacs. 1999. Change in the carotenoid and antioxidant content of spice red pepper (paprika) as a function of ripening and some technological factors. *J. Agric. Food Chem.* 47: 100-107.
- Nenova, V. and I. Stoyanov. 1995. Physiological and biochemical changes in young maize plants under iron deficiency. II. Catalase, peroxidase, and nitrate reductase activity in leaves. *J. Plant. Nutr.* 10: 2081-2091.
- Philip, W.J. and M.R. Broadley. 2008. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets-iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*. 182: 49-84.
- Rouphael, Y., D. Schwarz, A. Krumbein and G. Colla. 2010. Impacting of grafting on product quality of fruit vegetables. *Rev. Sci. Hort.* 127: 172-179.
- Welch, R.M. and R.D. Graham. 2005. Agriculture: the real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 18: 299-307.





MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia* spp.) SOBRE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL CICLO DEL CARBONO

Muñoz-Bojorges, J. C.^{1*}; Quintero-Lizaola, R.²; Pérez-Nieto, J.³; Valdés-Velarde, E.⁴; García-Favela, B.⁵; Rojas-Acosta, M.⁶

¹Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

² Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Postgrado en Edafología. Montecillo, Estado de México. México.

^{3,4} Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México.

^{5,6} Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México.

*Autor responsable: sean_julio20@hotmail.com; Calle Hidalgo S/n, Col. San Pablito, Chiconcuac, Estado de México. México. CP 56270; Tel. +52 55 17 43 84 75

Resumen

Se evaluaron diferentes dosis de mucílago de nopal: testigo (sin mucílago), T (tratamiento) 10-90, T40-60 y T80-20; (porcentaje mucílago de nopal-agua). Se utilizaron dos suelos con texturas arcillosa y arenosa. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron colocados en cajas magenta dentro de una cámara de ambiente controlado a 25 °C y humedad relativa de 40%. Se realizaron tres muestreos; a los 7, 14 y 21 días después de aplicado el mucílago. Se evaluó la actividad de las enzimas que participan en el ciclo del carbono; amilasa, celulasa, lipasa e invertasa. Los dos tratamientos con las mayores cantidades de mucílago (40 % y 80 %) tuvieron la mayor actividad enzimática para las cuatro enzimas analizadas durante todo el experimento.

Palabras clave

Amilasa; celulasa; lipasa; invertasa

Introducción

La estructura del suelo se define como el arreglo espacial y heterogéneo de las partículas del suelo, agregados y el espacio poroso (Dexter, 2000). El proceso de formación de agregados, de las partículas primarias del suelo con las sustancias húmicas y otros agentes de unión, es llamada agregación. Los agregados del suelo influyen en la estructura del mismo generando condiciones favorables de estabilidad, reduciendo la pérdida de nutrientes, mejorando la fertilidad y la infiltración de agua en suelos con problemas de drenaje, la mejora de los procesos de descomposición, formación y secuestro de carbono orgánico de suelo, además de promover un ambiente idóneo para el desarrollo de los microorganismos del suelo. Un papel importante le corresponde a los polisacáridos como agentes cementantes temporales (Chenu, 2000). Los polisacáridos en su mayoría son productos intermedios de la biodegradación y productos residuales del metabolismo microbiano, actúan estabilizando puntos de contacto entre partículas de suelo, aunque este efecto, debido a su propensión a la degradación microbiana, no es persistente (Tiessen y Stewart, 1988). El mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*), es un complejo de polisacáridos (Snyman *et al.*, 2006; Duru y Turker, 2005; Matsuhiro *et al.*, 2006 y Sepúlveda *et al.*, 2007). En un estudio efectuado en Cuba (López, 2000) comparó



la capacidad clarificante del mucílago de nopal, respecto a otro agente clarificante tradicional, como el sulfato de aluminio, y encontró un comportamiento similar. Por otra parte en Perú, Ramsey (1999) estudio el uso del mucílago de los cladodios de nopal para estabilizar bloques de adobe, comparándolo con la cal; los resultados obtenidos no fueron exitosos, probablemente debido a que las dosis empleadas fueron bajas (10%). En las últimas décadas las enzimas han cobrado importancia por ser indicadores de calidad del suelo, ya que son fácilmente medibles y responden a las alteraciones físicas, químicas y biológicas (Calderon *et al.*, 2000; Drijber *et al.*, 2000; Nannipieri *et al.*, 2002). Las enzimas del suelo desempeñan importantes funciones bioquímicas en el proceso global de descomposición de la materia orgánica en el sistema suelo (Burns, 1983; Dick *et al.*, 2000). El objetivo del trabajo fue evaluar dosis de mucílago de nopal (*Opuntia* spp.) sobre la actividad de las enzimas del ciclo del carbono (amilasa, celulasa, lipasa e invertasa) en dos suelos con textura arenosa y arcillosa.

Materiales y Métodos

Se utilizaron dos tipos de suelo: arcilloso y arenoso. El primero se colectó en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), del INIFAP, en Celaya, Guanajuato. El segundo se obtuvo en el Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Se secó a temperatura ambiente y se homogenizó con un tamiz del 10. Las pencas de nopal se consiguieron de una huerta de nopales ubicada cerca de la feria del caballo de Texcoco, se seleccionaron con tres meses de edad. La extracción del mucílago se realizó con un extractor casero marca Oster. Las pencas se cortaron en tiras de aproximadamente un centímetro de ancho y largo para facilitar la extracción del mucílago. Las unidades experimentales fueron cajas magenta con capacidad para 400 mL, a las que se agregó 200 g de suelo, para los dos tipos de suelo. Se evaluaron tres tratamientos y el testigo, para cada suelo. Se consideró el perfil de humedad del suelo, se determinó las constantes de humedad; capacidad de campo (CC) y punto de marchitamiento permanente (PMP), y se obtuvo la humedad aprovechable. Con los parámetros anteriores, se procedió al cálculo del porcentaje de humedad aprovechable y las cantidades de mucílago para los tratamientos. Las unidades experimentales se colocaron en una cámara de ambiente controlado Marca Sherer, modelo Cel 3714, a una temperatura de 25 °C y humedad relativa de 40% en el Postgrado de Botánica del Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. Se realizaron análisis de varianza y las comparaciones de medias con DMS ($\alpha = 0.05$) utilizando el Sistema de Análisis Estadístico (SAS, versión 1998). Los análisis estadísticos se procesaron con el Sistema de Análisis Estadístico (SAS) de acuerdo a Rebolledo (2002). Se evaluó la actividad de las enzimas que participan en el ciclo de carbono, que fueron: amilasa, celulasa, lipasa, invertasa Cuadro 1.

Resultados y Discusión

La actividad enzimática en el suelo arenoso muestra una tendencia de mayor actividad en los tratamientos con 40% y 80% de mucílago de nopal, en la amilasa (Figura 1A), celulasa (Figura 1C), lipasa (Figura 1E) e invertasa (Figura 1G). Este comportamiento siguió también en el suelo arcilloso donde el tratamiento de 80% de mucílago de nopal tuvo la mayor actividad a los 21 días en las enzimas amilasa (Figura 1B), lipasa (Figura 1F) e invertasa (Figura 1H), y en la actividad de la celulasa (Figura 1D) el tratamiento que presentó la mayor actividad fue el de 40% de mucílago de nopal.



Cuadro 1. Metodologías empleadas en la cinética enzimática de las enzimas participantes en el ciclo del carbono empleando diferentes dosis de mucílago de nopal y aplicadas a los suelos arcillosos y arenosos.

Ciclo del carbono						
Condiciones de incubación						
Enzima	Sustrato	Amortiguador	Temperatura	Tiempo	Producto	Referencia
Amilasa	Almidón	Fosfatos pH 5.5	37 °C	24 h	Azúcares reducidos	Ross, 1966
Celulasa	Carboximetil celulosa	Acetato 2M pH 5.5	50 °C	24 h	Azúcares reducidos	Schinner y von Mersi, 1990
Lipasa	4-metil umbeliferona (4-MU)	Tris 0.1 M pH 7.5	30 °C	10 min	4metil umbeliferona heptanoato (4-MUH)	Schinner <i>et al.</i> , 1991
Invertasa	Sacarosa 20%	Acetato 2 M pH 5.5	37 °C	24 h	Azúcares reducidos	Schinner y von Mersi, 1990

Las enzimas acumuladas en los suelos están presentes como enzimas libres (Kisset *et al.*, 1978). Las enzimas libres, producidas extracelularmente a partir de células vivas o liberadas por células muertas, pueden persistir de diversos modos en el suelo. En el suelo existe la posibilidad de que las enzimas se establezcan y persistan durante largos períodos de tiempo, incluso cuando han sido alejadas de su fuente de producción. El estado físico exacto de las enzimas en el suelo no es todavía perfectamente conocido, pero se cree que existen en el suelo adsorbidas sobre las superficies de las partículas coloidales y están, en cierto modo, unidas covalentemente a compuestos mono moleculares inorgánicos y orgánicos (Quiquampoix *et al.*, 2002). La existencia de mecanismos para proteger las enzimas en los suelos (Paulson y Kurtz, 1969; Ramírez-Martínez y McLaren, 1966b), muestran que la actividad enzimática del suelo es independiente de la población microbiana. Los terrenos arcillosos y complejos orgánicos heterocondensados, se han mostrado idóneos para ligar proteínas, confiriéndoles menor posibilidad de ser degradadas, tanto a causa de microorganismos, como por acción directa de proteinasas (Verma *et al.*, 1975).

La estabilidad de las enzimas en el suelo, ha sido ampliamente demostrada por varios autores, pero no ha sido comprendido por completo si esta estabilidad es debida a la formación de complejos entre enzimas y arcilla, o entre enzimas y polímeros orgánicos, tal y como normalmente ha sido observado en los modelos experimentales (Zimmerman y Ahn, 2011). Al ser un polisacárido, el mucílago de nopal puede afectar los agregados del suelo siendo un agente de unión temporal, mejorando la estructura del suelo y confiriendo protección a las enzimas extracelulares, además de ser una fuente de alimento para los microorganismos del suelo, con lo que la población microbiana aumentaría más que en el Testigo donde no se aplicó mucílago, haciendo que las enzimas extracelulares se fueran incrementando con el paso del tiempo.

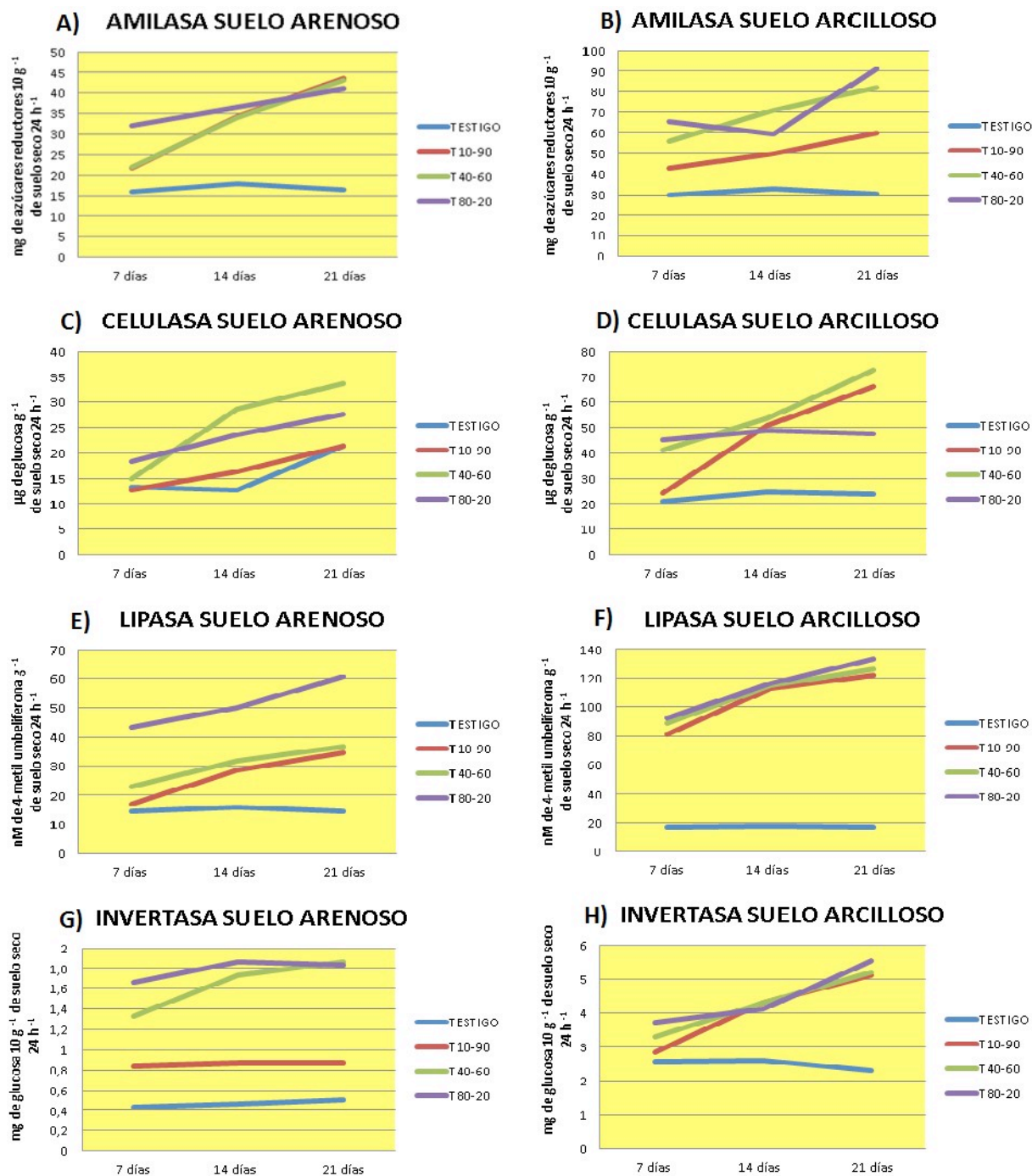


Figura 1. Actividad de la enzima amilasa en el suelo arenoso (A) y suelo arcilloso (B), de la enzima celulasa en suelo arenoso (C) y suelo arcilloso (D), de la enzima lipasa en el suelo arenoso (E) y suelo arcilloso (F) y de la enzima invertasa en suelo arenoso (G) y suelo arcilloso (H) después de la aplicación de los diferentes dosis de mucílago de nopal (T=Tratamiento, primera cifra= % de mucílago y segunda cifra= % agua).



Conclusiones

Para suelo arenoso: las aplicaciones de mucílago de nopal provocan una mayor actividad enzimática de la amilasa, celulasa, lipasa e invertasa, que intervienen en el ciclo del carbono. Para suelo arcilloso: las aplicaciones de mucílago de nopal generan mayor actividad de las enzimas amilasa, celulasa, lipasa e invertasa, que intervienen en el ciclo del carbono.

Bibliografía

- Burns, R.G. 1983. Extracellular enzyme-substrate interactions in soils, p 249-298. In J. H. Slater, R. Whittenbury, and J. W. T. Winperny (eds.) Microbes in their natural environments. University Press, Cambridge U. K.
- Calderon, J.F., L.E. Jackson, K.M. Scow and D.E. Rolston. 2000. Microbial responses to simulated tillage in cultivated and uncultivated soils. Soil Biol. Biochem. 32:1547–1559.
- Chenu, C., L. Bissonnais and D. Arrouays. 2000. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregates stability. Soil Science Society of America Journal, 64:1479-1486.
- Dexter, A.R. 2004. Soil physical quality part I. Theory effect of soil texture, density, and organic matter, and effect on root growth. Article in press, Geoderma. 120:201-214.
- Dick, W.A., L. Cheng and P. Wang. 2000. Soil acid and alkaline phosphatase activity as pH adjustment indicators. Soil Biol. Biochem. 32: 1915-1919.
- Drijber, R.A., J.W. Doran, A.M. Parkhurst and D.J. Lyon. 2000. Changes in soil microbial community structure with tillage under long-term wheat-fallow management. Soil Biol. Biochem. 32:1419–1430
- Duru, B. and N. Turker. 2005. Changes in physical properties and chemical composition of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) during maturation. J. PACD. 22- 33.
- Kiss S., M., Dragan-Bularda, D., Radulescu. 1978. Soil polysaccharidases: activity and agricultural importance. In: Soil Enzymes (Burns RG, Ed.), pp. 117-147. Academic Press, London.
- López, E. 2000. Utilización de productos naturales en la clarificación de aguas para consumo humano. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería Química. ISPJAE. Universidad de la Habana. La Habana.
- Matsuhiro, B., L.E. Lillo, C. Sáenz, C.C. Urzúa and O. Zárate. 2006. Chemical characterization of the mucilage from fruits of *Opuntia ficus-indica*. Carbohydrate Polymers, 63: 263– 267.
- Nannipieri, P., E. Kandeler and P. Ruggiero. 2002. Enzyme activities and microbiological and biochemical processes in soil. In: Burns RG, Dick RP (eds) Enzymes in the environment. Activity, ecology and applications. Marcel Dekker, New York, pp 1–33
- Paulson, K. N. and L.T. Kurtz. 1969. Locus of urease activity in soil. Soil Science Society of America Proceedings, 33, pp 897-901.
- Quiquampoix, H., S. Servagent-Noinville and M.H. Baron. 2002. Enzyme adsorption on soil mineral surfaces and consequences for the catalytic activity. In: Burns RG, Dick RP (eds) Enzymes in the environment: activity ecology and applications. Marcel-Dekker, New York, NY, pp 285–306.
- Ramirez-Martinez, J.R. and A.D. McLaren. 1996. Some factors influencing the determination of phosphatase activity in native soils and soils sterilized by irradiation. Enzymologia 31:23-38.
- Ramsey, J.E. 1999. Evaluación del comportamiento de adobe estabilizado con cal y goma de tuna. Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional Agraria. La Molina. Lima.
- Rebolledo, R.H.H. 2002. Manual SAS por computadora, análisis estadístico de datos experimentales. pp 52-58. Ed. Trillas. México.
- Rowell, M. J., J. N., Ladd, E. A., Paul. 1973. Enzymatically active complexes of proteases and humic acid analogues. Soil Biol. Biochem. 5: 699-703.
- Schinner, F. And W. Von Mersi. 1990. Xylanase, CM-celulase and invertase activity in soil: an improved method. Soil Biol. Biochem. 22:511-515.
- Schinner, F., R. Öhlinger and E. Candeler. 1991. Bodenbiologische Arbeitsmethoden. Springer Verlag, Berlin, New York. pp 1-213.
- Sepúlveda, E., C. Sáenz, E. Align and C. Acetone. 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. Journal of Arid Environments, 68: 534- 545.
- Snyman, H.A.A. 2006. A greenhouse study on root dynamics of cactus pear *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. Journal of Arid Environments, 65: 529- 542.
- Tiessen, H. and J.W.B. Stewart. 1988. Light and electron microscopy of stained microaggregates: The role of organic matter and microbes in soil aggregation. Biogeochem. 5:312-322
- Verma, L., J.P. Martin and K., Haider. 1975. Decomposition of carbon-14-labeled proteins, peptides, and amino acids: free and complexed with humic polymers. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39: 279-284.
- Zimmerman, A.R. and M.Y. Ahn. 2011. Organo-Mineral–Enzyme Interaction and Soil Enzyme Activity. Varma, A., Shukia, G.; soil enzymology. Berlín. pp. 271-288.





FIETOEXTRACCIÓN DE PLOMO CON HIGUERILLA Y ÁCIDO FÚLVICO DE UN SUELO CONTAMINADO

Peña-Cervantes, E.^{1*}; López-Cervantes, R.¹; Hernández-Torres, I. M.¹, Pérez-Guzmán, S.¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Ciencias del Suelo. Saltillo, Coahuila, México.

* Autor responsable: edmundo49mx@yahoo.com.mx ; Calzada Antonio Narro 1923, Col. Bellavista, Saltillo, Coahuila. México. CP 25315; Tel. 01(844)411-0373

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto coadyuvante del ácido fúlvico extraído de Leonardita sobre el poder fitoextractor de plomo por Higuierilla, se realizó el presente experimento en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; para lo cual se sembraron semillas de higuierilla de la variedad *Ricinus communis* en macetas de 10 kg de suelo contaminado con 1200 mg kg⁻¹ de plomo, cuando la plántula tenía el primer par de hojas verdaderas, se les adicionaron 2, 4, 6, 8 y 10 mL L⁻¹ de agua, de un ácido fúlvico de Leonardita. Se cuantificó la concentración de plomo de las diferentes partes de la planta; raíz fina y gruesa, tallo, hoja, capsula y semilla, también se presenta el total de extracción de plomo por la planta, donde se observa que hubo variabilidad entre tratamientos; sin embargo, al final del experimento se pudo concluir que la tendencia en cuanto a mejor extracción de plomo por higuierilla es con la adición de 2 a 6 mL L⁻¹ de agua, del ácido fúlvico de Leonardita ya que fueron en estos tratamientos donde hubo mayor cantidad de plomo extraído del suelo. Por lo tanto esta planta puede ser considerada pseudometalofita al desarrollarse en suelos contaminados y no contaminados con metales pesados, además de encontrarse muy cerca de ser considerada una planta hiperacumuladora.

Palabras clave

Substancias húmicas; metales pesados

Introducción

La contaminación es la alteración del estado de equilibrio de un ecosistema por la adición de sustancias que en condiciones normales no se encuentran presentes, o que, si lo están, han aumentado o disminuido significativamente su cantidad normal.

También es considerada un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del aire, la tierra o el agua, que puede afectar nocivamente la vida humana o la de especies beneficiosas, los procesos industriales, las condiciones de vida del ser humano y puede malgastar y deteriorar los recursos naturales renovables.

En nuestros días México cuenta con una gran cantidad de sitios contaminados con diferentes tipos de compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos, debido principalmente a las



actividades de la industria minera y petroquímica, además de la disposición clandestina y derrames de residuos peligrosos (Volke y Velasco, 2002); y el número de estos sitios contaminados, aún en las estimaciones más conservadoras, asciende a varios miles de lugares cuyo riesgo potencial es desconocido. De acuerdo con datos publicados por el INEGI (2000), la superficie de suelo degradado por causas de contaminación en 1999 fue de 25,967 km².

En la actualidad, el uso de metales pesados ha aumentado en forma alarmante, lo cual está asociado con el crecimiento explosivo de la población y con el desarrollo tecnológico mal planeado. Esta utilización excesiva ha provocado un aumento en la concentración basal de casi todos estos elementos y ha roto así, sus ciclos biogeoquímicos naturales. Un problema específico que nos aqueja es la contaminación de los suelos por plomo ya que éste presenta un alto tiempo de residencia en el suelo, estableciéndose un equilibrio dinámico con la hidrosfera, atmósfera y biosfera y de esta forma alterando el ecosistema, incluyendo al ser humano (Huang y Cunningham, 1997).

No obstante hoy en día existen muchas técnicas físicas, químicas y biológicas que son propuestas para ser usadas en la descontaminación de los suelos, no importando el origen de esta contaminación. Sin embargo en su mayoría estas son de alto costo, no con esto asegurando un resultado favorable.

Entre las técnicas biológicas se puede mencionar la fitorremediación, la cual ofrece ventajas económicas y técnicas en comparación con las físicas y químicas, dentro de la fitorremediación existen diferentes tipos de mecanismos, uno de ellos es la fitoextracción, que se basa en el uso de plantas hiperacumuladoras que puedan extraer y soportar concentraciones altas de metales pesados sin sufrir daños. Este tipo de plantas absorben el contaminante y en algunos casos lo traslocan a las partes superiores.

En el presente estudio se usó la planta de higuera (*Ricinus communis*) considerada en nuestro país una maleza, lo cual hace interesante este trabajo ya que se evaluará su capacidad para fitoextraer plomo de un suelo altamente contaminado y usando como agente quelante un ácido fúlvico extraído de Leonardita como coadyuvante; porque se sabe que una de las principales limitaciones que encuentra la fitoextracción es la biodisponibilidad de los metales pesados para ser absorbidos por la planta y una de las formas más comunes de mejorar esta deficiencia es la adición de agentes quelatantes.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el invernadero del departamento de Ciencias del Suelo del campus de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

Para esto se usó un calcisol característico del norte del país, el cual presenta un pH que va de 7.8 a 8.4, mas de 30 % de carbonatos de calcio y es pobre en materia orgánica. El suelo presenta una contaminación de plomo de 1200 mg kg⁻¹, de acuerdo a los límites establecidos por la NOM-147- SEMARNAT/SSA1-2004, para la regulación de sitios contaminados, este suelo no puede tener uso agrícola ni industrial, por lo que antes de ser utilizado debe ser rehabilitado. Para lo anterior se utilizaron 24 macetas con capacidad de 10 kg de suelo cada una y donde se sembraron semillas de higuera de la variedad *Ricinus communis*. Posteriormente se agregó un ácido fúlvico de Leonardita a concentraciones de 2, 4, 6, 8 y 10 mL L⁻¹ de agua. Una vez que la planta llegó a maduración y las panojas estaban casi secas se procedió a cosechar toda la planta, colocarla en bolsas de papel y secar en estufa a 70⁰ C de



temperatura. La materia seca obtenida se digirió vía húmeda con ácido nítrico concentrado, se recuperó con agua destilada y se aforó a 100 mL, la cuantificación de plomo se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica Varian AA 5.

Resultados y Discusión

Cuadro 1. Contenido de plomo mg kg^{-1} en las diferentes partes de la planta de higuera

Tratamientos	Raíz fina	Raíz gruesa	Tallo	Hoja	Capsula	Total
Testigo	350	48	11	12	8	429
2 mL Ac. Fúlvico	350	48	15	25	10	448
4 mL Ac. Fúlvico	350	55	17	20	10	452
6 mL Ac. Fúlvico	370	48	22	30	7	477
8 mL Ac. Fúlvico	325	48	15	20	9	417
10 mL Ac. Fúlvico	350	50	12	30	9	451

En el cuadro 1, se puede observar que, de acuerdo a los resultados obtenidos es en la raíz fina donde más se acumula plomo, superando por mucho a la raíz gruesa, en general es en este órgano de la planta donde se acumula la mayor cantidad del elemento, alcanzando en promedio los 350 mg kg^{-1} de plomo, los mejores tratamientos de ácido fúlvico para raíz fina y gruesa, son los de 6 y 4 mililitros respectivamente. Este trabajo coincide con los de Martin (2000) y Kumar et al., (2000), quienes encontraron que en plantas tolerantes a la presencia de metales pesados como el plomo, las raíces tienen una habilidad para captar cantidades importantes de este elemento y que la mayor parte se queda en esa parte de la planta. Por el contrario se puede observar que las concentraciones de plomo en tallo son muy bajas comparadas con las de raíz, en este caso el contenido de plomo va en aumento hasta el tratamiento de 6 mililitros de ácido fúlvico y a partir de ahí comienza a disminuir el contenido del elemento en este órgano. Las cantidades encontradas en hoja también son muy bajas comparadas con la raíz, sin embargo son más altas que para tallo, también en este caso tenemos al testigo con el valor más bajo y al tratamiento de 6 mililitros de ácido fúlvico con el valor más alto. Wang y Chao(1992), encontraron que algunas especies de *Bidens* pueden, no solo tolerar cantidades apreciables, sino tienen también una extraordinaria capacidad para acumular plomo en sus tejidos superficiales, el cual fue de $2164.7 \text{ mg kg}^{-1}$. En general el contenido de plomo encontrado en las diferentes partes de la planta tiene poca variabilidad, siendo el testigo el tratamiento en donde se encontró la menor cantidad de plomo, seguido por el tratamiento con ocho mililitros de ácido fúlvico, además en este tratamiento las partes de la planta que mostraron menor cantidad de plomo fueron raíz fina, raíz gruesa, tallo y hoja. Los mejores tratamientos sobre las diferentes partes de la planta se observan cuando se aplican las dosis bajas del ácido fúlvico es decir entre 2 y 6 mililitros y donde menos se obtuvo fue en los tratamientos de 8 y 10 mililitros del ácido.

Al observar la suma total del plomo encontrado en la planta, podemos ver que el tratamiento que mejor comportamiento tuvo en este sentido es el de 6 mililitros del ácido fúlvico utilizado con un valor de 477 mg kg^{-1} . En todos los casos al agregar el ácido fúlvico, se tienen valores de extracción de plomo por la planta que sobrepasan al testigo, esto concuerda con lo encontrado por Blaylock y Huang, (2000), quienes demostraron la capacidad del quelante sintético EDTA para aumentar la fitoextracción de plomo usando la planta *Brassica juncea*.



Conclusiones

Como en otros trabajos realizados sobre el efecto del ácido fúlvico sobre la extracción de micronutrientes (Fe y Zn) y la fitorremediación de suelos contaminados con plomo, en este trabajo se encontró que es a dosis bajas donde este tipo de sustancias húmicas tienen un mejor comportamiento en este fenómeno.

Las sustancias húmicas como el ácido fúlvico extraído de Leonardita, es considerado en algunos casos como agente quelante ya que mejora la biodisponibilidad de algunos elementos metálicos en el suelo, en el presente estudio, aunque mejoró la extracción de plomo por la planta, ésta no fue muy diferente a la del testigo.

La planta de higuera puede ser considerada una pseudometalofita ya que se desarrolla tanto en suelos contaminados o no contaminados con metales pesados, sin embargo todavía no puede alcanzar el rango de hiperacumuladora

Bibliografía

- Huang, J. W. and S. D. Cunningham. 1997. Lead phytoextraction: Species variation in lead uptake and translocation. *New Phytologist*. 134: 75-84.
- INEGI-INE. 2000. Indicadores de desarrollo sustentable en México. INEGI. México.
- SEMARNAT/SSA1-2004. NOM-147 2004. Norma Oficial Mexicana, que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel plomo, selenio, talio y/o vanadio. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de marzo del 2007.
- Volke, S. T. y T. J. A. Velasco. 2002. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. INE- SEMARNAT. México.
- Blaylock, M. J., and J. W. Huang, 2000. Phytoextraction of metals, In: I. Raskin and B.D. Ensley (Ed.) *Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment*, John Wiley and Sons, Inc, Toronto, Canada, p. 303.
- Kumar, N. P. B. A., V. Dushenkov, H. Mottohh and I. Raskin, 1995. Phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soils. *Environ. Sci. Technol.* 29, 1232-1238.
- Martin, C. W. 2000. Heavy metals trends in floodplain sediments and valley fill. *Catena*. 39, 53-68.
- Wang, Y. P. and C. C. Chao. 1992. Effects of Vesicular- Arbuscular Mycorrhizae and Heavy Metals on the Growth of Soybean and Phosphate and Heavy Metal Uptake by Soybean in Major Soil Groups of Taiwan. *J. Agric. Assoc. China. New. Ser.* 157, 6-20.





CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LAS BACTERIAS RESIDENTES EN EL TRACTO DIGESTIVO DE LA LOMBRIZ DE TIERRA *EISENIAFOETIDA*

Pérez-Pérez, J.A.¹, Espinosa-Victoria, D.^{1*}

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Edo. México

*Autor responsable: despinos@colpos.mx

Resumen

La participación de los microorganismos en el tracto digestivo de la lombriz de tierra es de gran importancia para la transformación de la materia orgánica. Así, las bacterias dentro del intestino producen enzimas extracelulares que degradan celulosa y distintos compuestos fenólicos, favoreciendo el proceso de transformación. La diversidad bacteriana en el tracto digestivo, depende del clima, tipo de suelo y materia orgánica. El objetivo de este trabajo fue aislar y caracterizar microbiológicamente cepas bacterianas del tracto digestivo de la lombriz de tierra *Eiseniafoetida*. Se emplearon lombrices provenientes de dos localidades: Instituto de Reconversión Productiva y Bioenergéticas (IRBIO) del Estado de Chiapas y Colegio de Postgraduados (COLPOS), Campus Montecillo, en el Estado de México. Se diseccionaron 10 ejemplares por localidad. Cada ejemplar fue fijado y su tracto digestivo dividido en tres regiones de la boca al ano: A, B y C. Para el aislamiento bacteriano se usó el medio de cultivo BrainHeartInfusion (BHI). Los cultivos bacterianos fueron incubados a 30°C durante 48 h. El crecimiento bacteriano fue detectado a las 24 h de incubación. Se aislaron 56 cepas bacterianas (A: 17, B: 21, C: 18) de las lombrices de IRBIO y 44 cepas (A: 13, B: 17, C: 14) de los ejemplares del COLPOS. Se observaron colonias pequeñas y medianas; con elevación convexa; bordes enteros, ondulados y lobulados; color blanco y amarillo; forma circular e irregular y superficies lisas, rugosas y filamentosas. De las cepas aisladas, 48 correspondieron a cocos negativos y 52 a bacilos positivos. Esta investigación es la base de estudios futuros tendientes a comprender la dinámica de la diversidad bacteriana del intestino de la lombriz de tierra *E. foetida* con el objeto de mejorar la biotecnología del vermicompostaje.

Palabras claves: *Eiseniafoetida*, diversidad bacteriana, vermicomposteo

Introducción

Las lombrices de tierra son indicadoras de la salud del suelo (Panigrahi, 2009). El suelo contiene una gran diversidad de microorganismos. Se ha reportado que 1 g de suelo contiene por lo menos un millón de estos (Torsvik y Ovreas, 2002), siendo las bacterias los microorganismos más diversos y abundantes sobre la tierra (Venter *et al.*, 2004).

Se conoce poco sobre las interacciones que se establecen entre las lombrices de tierra y los microorganismos del suelo (Hyun-Jung *et al.*, 2004). La participación de los microorganismos en el tracto digestivo de las lombrices de tierra es de gran importancia, debido a que muchos de ellos están implicados en la degradación de la materia orgánica (Byzov *et al.*, 2007; Valle-Molinas *et al.*, 2007).

Se considera que la composición microbiana del tracto digestivo de las lombrices de tierra es el reflejo de la composición microbiana del suelo o de los restos vegetales que ingieren (Brown y Braithwaite, 2004; Knapp et al., 2008; Jayasinghe y Parkison, 2009). Sin embargo, existe controversia con la afirmación anterior, ya que se ha indicado que las lombrices de tierra juegan un papel importante en la descomposición de la materia orgánica porque presentan microorganismos diferentes a los contenidos en el material ingerido (Domínguez et al., 2009).

Brito-Vega y Espinosa-Victoria (2009) reportaron la existencia de una gran diversidad de microorganismo en el intestino de diferentes especies de lombrices de tierra.

Hyun-Jung et al., (2004) reportaron que la flora microbiana del intestino de lombrices de tierra, habitantes de un suelo contaminado de una zona industrial, comprendió 91 colonias bacterianas, siendo *Bacillus* el grupo dominante (31%), seguido por *Rhodococcus* (19%). En un estudio donde se comparó la diversidad bacteriana del tracto digestivo de individuos de *Pontoscolex corethrurus* provenientes de una zona ganadera con suelo arcilloso y de un reserva ecológica con suelo arenoso, se encontró que aun cuando se comparten especies bacterianas, solo en la zona ganadera se identificaron las especies *Aeromonas salmonicida* ssp *salmonicida*, *Vibrio parahaemolyticus* y *Psychrobacter phenylpyruvicus* (Brito et al., 2014).

Como se mencionó antes, la diversidad bacteriana en el intestino de las lombrices es aún controversial (Curry y Schmidt, 2007). Así, el objetivo del presente trabajo fue aislar y caracterizar microbiológicamente a las bacterias residentes en el tracto digestivo de *E. foetida* provenientes de dos regiones contrastantes.

Materiales y Métodos

Los individuos de la especie *E. foetida* empleados en este estudio provienen del Instituto de Reconversión Productiva y Bioenergética (IRBIO) del Estado de Chiapas y del Colegio de Postgraduados (COLPOS), Campus Montecillo, en el estado de México. Las lombrices fueron alimentadas con pastos y estiércol de bovino en el primer caso, y con residuos orgánicos (cáscaras de frutas, residuo de hortalizas y cascarón de huevo) en el segundo. Los especímenes fueron enjuagados con agua destilada para remover el suelo adherido. Se sumergieron tres veces en etanol 70% de 10 a 30 seg. Posteriormente, se enjuagaron en agua destilada-estéril y se fijaron con agua destilada a 50°C por 10 seg (Hyun-Jung et al., 2004). Cada ejemplar fue diseccionado a lo largo del tracto digestivo, de la boca al ano, y dividido en tres regiones: (A) segmentos del 1 al 45, (B) segmentos del 46 al 90, y (C) segmentos del 91 al 135 (Figura 1). Se colocó una azada del contenido intestinal de cada sección en placas del medio de cultivo BrainHeart Infusión (BHI) (DIFCO®) y se incubó a 30°C durante por 48 h. Una vez observado el crecimiento bacteriano, se procedió al aislamiento y purificación por estría cruzada.

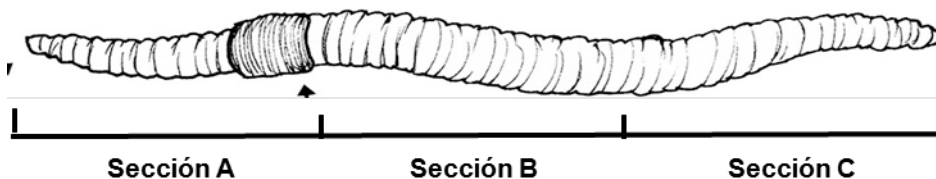


Figura 1. Regiones en las que se dividió el tracto digestivo de la lombriz de tierra *Eisenia foetida*.



Se determinó la morfología macroscópica con un estereoscopio MOTIC5M2-143. Se describieron las características coloniales como: tamaño, color, tipo de borde, forma, elevación y superficie, de acuerdo a lo propuesto por Gómez *et al.* (2006). También se determinó la caracterización microscópica por medio de la Tinción de Gram, empleando un microscopio óptico MOTICBA-200 con objetivo 100X.

Resultados y Discusión

El tipo de alimento y el hábitat son factores que promueven cambios en la comunidad bacteriana del tracto digestivo de la lombriz de tierra (Brito-Vega y Espinosa-Victoria, 2009). En el presente estudio se obtuvo un total 100 cepas, cuyo crecimiento se manifestó a las 24 h. Se aislaron 56 y 44 cepas bacterianas de *E. foetida* proveniente del IRBIO en Chiapas y del COLPOS en el estado de México, respectivamente. Numéricamente, se encontró mayor cantidad de microorganismo en las lombrices alimentadas con estiércol de bovino y pasto. Es probable que el estiércol bovino sea una fuente significativa de especies bacterianas para *E. foetida*. Con la identificación molecular se espera sustentar la hipótesis de que el tipo de alimento y hábitat pueden causar cambios en la diversidad bacteriana en el tracto digestivo de la lombriz de tierra. En el Cuadro 1, se presenta el número de cepas bacterianas aisladas en las diferentes secciones del intestino de *E. foetida*. El mayor número de cepas bacterianas se obtuvo en la sección B. La sección A es la región que contiene la boca, donde la lombriz inicia su alimentación, en la que no hay “selección” de bacterias. En contraste, la sección B es la región donde posiblemente comienza la “selección” bacteriana por parte del verme, así como el incremento de colonias bacterianas y las reacciones enzimáticas por parte de estos microorganismos (Singleton *et al.*, 2003). De hecho, no existen evidencias experimentales que sustenten la supuesta “selección” bacteriana por parte de la lombriz de tierra.

Cuadro 1. Cepas aisladas en cada una de las secciones del tracto digestivo de la lombriz *E. foetida*

Sección del tracto digestivo	IRBIO ¹	COLPOS ²
A	17	13
B	21	17
C	18	14

¹Instituto de Reconversión Productiva y Bioenergética del Estado de Chiapas

²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México

En el Cuadro 2 y en la Figura 2 se presenta la morfología colonial de las cepas aisladas del tracto digestivo de *E. foetida* provenientes de Chiapas (IRBIO) y del Estado de México (COLPOS). Las cepas bacterianas aisladas de lombrices de ambas localidades presentaron similar morfología colonial; no obstante, la forma rizoide solo se presentó en ejemplares provenientes de IRBIO (Cuadro 2).

Cuadro 2. Morfología colonial de las cepas bacterianas aisladas del tracto digestivo de *E. foetida*.

Colonias	Tamaño	Borde	Forma	Elevación	Superficie	Color
IRBIO¹	33 medianas 23 pequeñas	22 enteros 24 ondulado 10 lobulados	20 circular 32 irregular 4 rizoide	22 planas 18 convexas 16 elevadas	25 lisas 19 rugosas 12 filamentosas	29 blancas 27 amarillas
COLPOS²	25 medianas 19 pequeñas	13 entero 20 ondulado 11 lobulados	18 circular 26 irregular	13 planas 16 convexas 15 elevadas	21 lisas 14 rugosas 9 filamentosas	26 blancas 44 amarillas

¹Instituto de Reconversión Productiva y Bioenergética del Estado de Chiapas

²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, estado de México

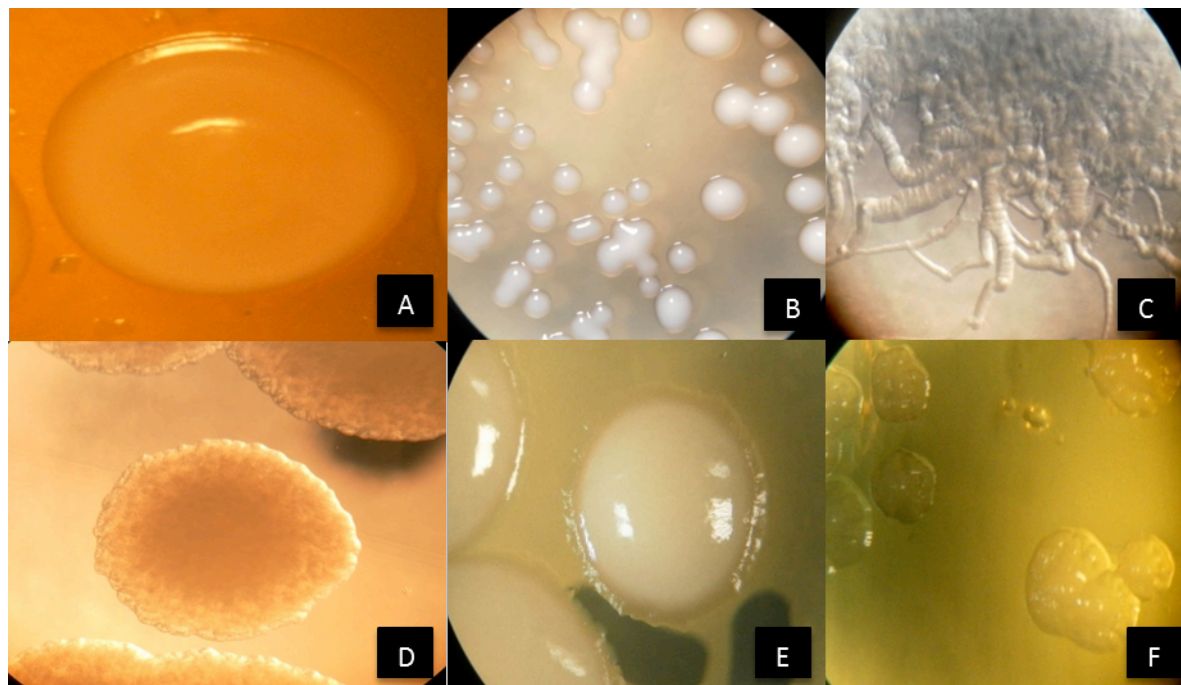


Figura 2. Morfología colonial de las cepas bacterianas aisladas del tracto digestivo de *E. foetida*.
A) Coloniade color amarillo, mucoide, con bordes enteros y convexa, **B)** Colonias medianas, convexas, de color blanco, forma circular y bordes redondeados, **C)** Colonia en forma de rizoide, filamentosas, con una elevación umbilicada, **D)** Colonias planas, blanquecinas, de forma irregular, bordes lobulados, con apariencia de estar secas, y que se asemejan a un huevo estrellado, **E)** Colonias medianas, convexas, blanquecinas como cera, fusiformes y circulares, con bordes redondeados y **F)** Coloniasde forma irregular, umbilicadas y con borde ondulado.

El análisis microscópico reveló que, la población bacteriana estuvo compuesta por 48 cepas con forma de cocos Gram negativos y 52 colonias con forma de bacilos Gram positivos (Figura 3). La mayoría de bacterias de importancia agrícola, simbiótico mutualistas o simbiótico

parasíticas, son bacilos Gram negativos, a excepción del género *Bacillus*, por lo que resulta interesante observar que, en este caso particular, *E. foetida* “seleccionó” en su tracto digestivo solamente bacilos Gram positivos.

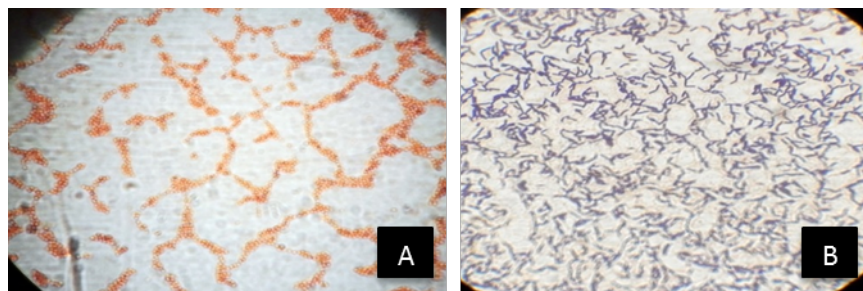


Figura 3. Morfología microscopíade bacterias aisladas del tracto digestivo de *E. foetida*. **A**, CocosGram negativos; **B**, Bacilos Gram positivos. 100x.

Conclusiones

El medio de cultivo BrainHeart Infusión (BHI) y la incubación a **30°C** permitieron el aislamiento eficiente de las bacterias residentes en el tracto digestivo de *E. foetida*, cuyo crecimiento se observó a las 24 h.

La diferencia en el número de bacterias aisladas de lombrices de tierra alimentadas con pastos y estiércol de bovino, por un lado, y con residuos orgánicos (cáscaras de frutas, residuo de hortalizas y cascarón de huevo) por el otro, podría ser un indicio de que la alimentación es un factor modificador de la diversidad bacteriana en el tracto digestivo de estos vermes. Sin embargo, se requiere de la identificación molecular de cada uno de los aislamientos bacterianos, para sustentar la hipótesis de que el tipo de alimento y el hábitat condicionan la diversidad bacteriana en el tracto digestivo de *E. foetida*.

El mayor número de aislamientos bacterianos en la sección B del tracto digestivo de las lombrices de ambas localidades, sugiere que esta es la región donde probablemente comienza la “selección” bacteriana por parte del verme. En contraste, la sección A no podría ser la zona de “selección”, pues es la zona donde da inicio la alimentación por localizarse en esta la boca.

No existe por el momento ninguna explicación al hecho de que la población de bacilos en el tracto digestivo de *E. foetida* corresponda a bacilos Gram positivos, siendo que la mayoría de bacilos del suelo, de importancia agrícola (simbiótico mutualistas y simbiótico parasíticos), son Gram negativos, a excepción del género *Bacillus*.

Este estudio pone de manifiesto la necesidad de llevar a cabo investigaciones tendientes a conocer los factores que influyen en la diversidad bacteriana del tracto digestivo de *E. foetida*. Quedan por abordar la identificación molecular de los aislamientos bacterianos, la tipificación de los grupos funcionales, la identificación de bacterias no cultivables, dilucidar cuál de los dos simbioses “selecciona” a quién, así como estudios fisiológicos que incluyan la modificación dirigida de la flora bacteriana de lombrices composteras.



Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para el desarrollo de esta investigación.

Bibliografía

- Brito-Vega, H. & Espinosa-Victoria, D. 2009. Bacterial diversity in the digestive tract of earthworms (Oligochaeta). *J. Biol. Sci.* 9(3): 192-199.
- Brito-Vega, H., Espinosa-Victoria, D., Barois, B.I., Gómez-Vázquez, A., Lavelle, P. 2014. Characterization of bacteria in gut of the earthworm *Pontoscolex corethrurus*. In Press.
- Brown, C. & Braithwaite, V. A. 2004. Size matters: a test of boldness in eight populations of bishop *Brachyrhaphis episcopi*. *Animal Behaviour* 68, 1325–1329.
- Byzov, B.A., Khomykov N.V., Kharin S.A., Kurakov. A.V. 2007. Fate of soil bacteria and fungi in the gut of earthworms. *Eur. J. Soil Biol.* 43:146-156.
- Curry, J.P. & Schmidt, O. 2007. The feeding ecology of earthworms - A review. *Pedobiologia* 50:463
- Domínguez, J., Aira, M., Gómez-Brandón, M. 2009. El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas* 18 (2): 20-31.
- Gómez, M. L., Vivas, L. J., Ruiz, R., Reyes, V. y Hurtado, C. A. 2006. Bacterias marinas nativas. *Suelos Ecuatoriales* 39 (1): 40-44 Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2009.
- Hyung-Jung, K.; Kwang-Hee, S.; Chang-Jun, C. y Hor-Gil, H. 2004. Analysis of aerobic and culturable bacterial community structures in earthworm (*Eisenia foetida*) Intestine. *Agric. Chem. Biotechnol.* 47(3): 137-142.
- Jayasinghe, B.A. & Parkinson, D. 2009. Earthworms as the vectors of actinomycetes antagonistic to litter decomposer fungi. *Appl. Soil Ecol.* 43:1
- Knapp, B.A., Seiber, J., Podmirseg, S.M., Meyer, E. & Insam, H. 2008. Application of denaturing gradient gel electrophoresis for analysing the gut microflora of *Lumbricus rubellus* Hoffmeister under different feeding conditions. *Entomol. Res.* 98:271
- Panigrahi, A.K. 2009. Earthworms and their role in soil fertility enhancement. Disponible: <http://www.articlesbase.com/environment-articles/earthworms-and-their-s-role-in-soil-fertility-enhancement-1054001.html>. [Consultado: 12-de agosto 2012].
- Singleton, D.R., Hendrix P.F., Whitman W.B. 2003. Identification of uncultured bacteria tightly associated with the intestine of the earthworm *Lumbricus rubellus* (Lumbricidae; Oligochaeta). *Soil Biology and Biochemistry* 35 (12):1547-1555.
- Torsvik, V. & Øvreas, L. 2002. Microbial diversity and function in soil: From genes to ecosystems. *Current Opinion in Microbiology*, 5, 240-245. doi:10.1016/S1369-5274(02)00324-7.
- Valle-Molinares, R., Borges S., Ríos-Velázquez C. 2007. Characterization of possible symbionts in *Onychochateborincana* (Annelida: Glossoscolecidae). *Eur. J. Soil Biol.* 43:14-18.
- Venter, J.C., Remington, K., Heilderberg, J.F., Halpern, A.L., Rusch, D., Eisen, J.A., Wu, D.Y., Pulsen, I., Nelson, K.E., & Nelson, W. 2004. Environmental genome shotgun sequencing of the Sargasso Sea. *Science* 304: 66-74.





DEMANDA DE AGUA EN LOS SECTORES RESIDENCIAL, AGRÍCOLA Y PECUARIO DE CUATRO CIÉNEGAS, COAHUILA

Pérez-Mireles, G.^{1*}; García-Salazar, J. A.¹

¹Colegio de Postgraduados¹. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México

*Autor responsable: gildardo.perez@colpos.mx Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo Texcoco, Estado de México, México. CP 56230; Tel. +52(595)-95202-84.

Resumen

La expansión agrícola y pecuaria han originado un incremento en la demanda de agua en Cuatro Ciénegas, Coahuila. La presión por el uso del agua pone en peligro de destrucción los cauces y pozas naturales, así como las especies endémicas de peces presentes en la región. Para analizar a que sector consumidor se le debe asignar el agua se usó un modelo de programación cuadrática que maximiza el Valor Social Neto del consumo de agua en los sectores residencial, agrícola y pecuario de Cuatro Ciénegas. Los resultados indican que en 2013 la demanda de agua en el municipio fue 143.34 millones de m³; y el principal consumidor fue el sector agrícola quién consumió 98.9% del total, seguido del sector pecuario con 0.6% y del sector residencial con 0.5%. Una reducción en la disponibilidad del recurso indica que el consumo del agua debe disminuir en aquellos sectores con el menor valor de uso como la agricultura, y no debe cambiar en aquellos sectores con un alto valor de uso como el sector residencial. La disminución en la demanda podría lograrse aumentando el precio de agua en 96.3% en el sector agrícola, respecto al nivel observado en 2013. Debido a la importancia de Cuatro Ciénegas en la preservación de pozas y especies, que convierten al valle un laboratorio natural, se recomienda disminuir el consumo de agua en aquel sector con un menor valor de uso como es el sector agrícola.

Palabras clave

Cuatro Ciénegas; consumo y precio del agua; sectores residencial, agrícola y pecuario;

Introducción

El Valle de Cuatro Ciénegas, Calaveray el Hundido forman parte de la Región Hidrológica Bravo-Conchos, dentro de la Cuenca Presa Falcón-Río Salado, y corresponden a la Subcuenca del Río Salado-Nadadores. El Valle se encuentra dentro de la zona geo-hidrológica llamada Cuatro Ciénegas-San Miguel, en la cual se han identificado fuentes de agua subterránea (IMTA, 2005).

El acuífero Cuatro Ciénegas-Ocampo se localiza en una región árida del desierto de Coahuila. La precipitación pluvial es escasa con 300 mm por año, la temperatura media anual es de 19.4 °C y la evaporación potencial media de 1,921 mm anuales. Por su elevada temperatura y la humedad relativamente baja, se considera la existencia de una escasez natural de agua, la evaporación consume alrededor del 80% del agua de lluvia, y el restante se da por



escurrimiento superficial e infiltración (SEMARNAT, 2008). Aunque las lluvias en la región son escasas, Cuatro Ciénegas tiene abundancia en agua subterránea, la cual emerge a la superficie a través de innumerables manantiales. El agua fluye en un sistema hidrológico compuesto por ríos, pozas y humedales. Las pozas tienen profundidades que oscilan entre 1 y 10 metros, con diámetros de hasta 200 metros. El río más importante del valle es el Mezquites, que tiene una medida cerca de su nacimiento de 2 a 8 metros de ancho, y 2 metros de profundidad, la corriente es lenta y la descarga del río es muy estable. La fauna localizada en los humedales se conforma por peces y moluscos tortugas, caracoles, reptiles, crustáceos y plantas, aislados durante millones de años, la biota asciende a 1,274 especies con 74 endémicas. Muchas de las especies han sido objeto de estudio por sus características, principalmente taxonómicas para comprender los diferentes procesos de evolución de las especies que habitan el valle, por tal motivo es considerado un laboratorio natural, ya que el sitio es relativamente pequeño con respecto a su hábitat y sus características existe una gran biodiversidad de especies endémicas. Debido a su riqueza de especies, es importante de manera biológica y ecológicamente a nivel internacional (Contreras-Balderas, 1984). El 7 de Noviembre de 1994, Cuatro Ciénegas fue declarada área natural protegida en la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna por el Instituto de Ecología, bajo el Plan de desarrollo Nacional 1989-1994. El área de protección de flora y fauna cuenta con una superficie de 85 mil hectáreas y una de las especies que se encuentran en este valle son los estromatolitos, dicha especie es digna de mencionarse debido, a que es la base de la cadena alimenticia de las diferentes especies que habitan en el valle. El crecimiento de los estromatolitos se da en el fondo de aguas someras o taludes en el valle de Cuatro Ciénegas en donde se cuenta con 200 pozas, que están interconectadas, por sus diferentes medidas y profundidades permite su crecimiento y debido a las corrientes que se encuentran en las pozas, existe una gran diversidad de formas y tipos de estromatolitos coexistiendo con animales vertebrados e invertebrados, que se concluye que los estromatolitos son la base principal de la cadena trófica de distintos ecosistemas.

Cuatro Ciénegas presenta una combinación de agua dulce y salada que podría ser muy similar a lo encontrado en Marte; en Cuatro Ciénegas se cuenta con especies de flora y fauna únicas en el mundo, pero hay algo más trascendental: presenta una combinación de agua dulce y salada. La primera proviene de las montañas; y la segunda, ubicada en un lecho profundo, consiste en un mar conservado desde el Cretácico. Además, según la agencia internacional NASA, el agua de Cuatro Ciénegas podría ser muy similar a lo encontrado en Marte, profunda y salada, aunque se tiene este laboratorio natural con el paso del tiempo y el aumento de la actividad agrícola para la siembra de forrajes y el uso excesivo del agua algunas de las pozas se han ido secando y por ende la desaparición de los estromatolitos (Gutiérrez, 2004).

El impacto provocado en los últimos seis años por la siembra extensiva de cultivos forrajeros y el aumento de la perforación de pozos ha provocado efectos nocivos a la reserva ecológica de Cuatro Ciénegas. Por tratarse de una zona con escasa renovación natural del recurso, está expuesta a que se construyan más pozos sin control, se agote rápidamente la disponibilidad del agua y, con ello, se inicie una sobreexplotación reversible, en perjuicio de los usuarios asentados tanto en la zona Ocampo, como en la porción norte de la de Cuatro Ciénegas ya que el consumo de agua ha experimentado un fuerte crecimiento a través de los años. En la década de los noventa la extracción anual en la región era de 49.0 millones de m³ (de los cuales, 48 millones de m³ son para uso agrícola) (CNA, 1998). Actualmente, estimaciones realizadas usando la lámina de riego promedio indican que el consumo de agua en la región es de



aproximadamente 143 millones de m^3 (SIAP, 2014; CNA, 2014; SEMARNAT, 2008). Considerando la importancia del agua en la región de Cuatro Ciénegas, este estudio tuvo como objetivo determinar los aumentos en precio del agua (por tipo de consumidor) que reduzcan las extracciones de agua subterránea. Se espera que ante una situación de escasez, el consumo de agua debe disminuir en el sector con el menor valor de uso como la agricultura.

Materiales y Métodos

Para alcanzar el objetivo de la investigación se usó un modelo de programación cuadrática aplicado al consumo de agua en Cuatro Ciénegas, Coahuila. El modelo considera el consumo de agua en los sectores residencial, agrícola y pecuario del municipio. La función objetivo del modelo maximiza el Valor Social Neto, el cual es igual al área bajo la curva de demanda, menos los costos de extracción, y menos los costos de distribución del líquido del punto de extracción al lugar de consumo. La función objetivo está sujeta a cuatro restricciones. La primera restricción indica cómo se distribuye el agua de cada punto de extracción a los diferentes sectores consumidores. La segunda restricción indica cómo se abastece el consumo de agua en los tres sectores consumidores (sectores residencial, agrícola y pecuario). La tercera restricción establece la cantidad máxima que se puede extraer en los diferentes pozos. La cuarta restricción establece las condiciones de no negatividad del modelo.

La validación del modelo se realizó comparando los valores observados de la cantidad demandada y el precio en 2013, con los valores obtenidos con el modelo base. Para analizar la distribución del agua bajo condiciones de escasez se realizaron dos escenarios con reducciones de 10 y 20% en la extracción de agua. El modelo utilizó funciones de demanda de agua por bombeo para cada sector (agrícola, pecuario y residencial) en el municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. Las funciones de demanda de agua en cada sector se obtuvieron usando precios, volúmenes demandados y la elasticidad precio de la demanda del agua estimadas por Guzmán-Soria *et al.*, (2006).

El consumo de agua en el sector agrícola se obtuvo al multiplicar la superficie cosechada en el municipio por la lámina de riego promedio de riego en Cuatro Ciénegas reportada en el Diario Oficial de la Federación (SIAP, 2014; SEMARNAT, 2008). El consumo de agua en los sectores residencial y pecuario se obtuvo de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2014). Para calcular las funciones de demanda en el sector residencial se usaron las tarifas mensuales cobradas por el organismo operador de Cuatro Ciénegas; la información provino también de la CNA (2014). Para el sector agrícola, el precio usado es igual a los costos de mantenimiento de los equipos de bombeo más el costo de la energía eléctrica. Dichos costos se obtuvieron de CNA (2014) y SIE (2014). Los costos de distribución se calcularon con la diferencia entre precio, o tarifa, que pagan los consumidores finales y los costos de extracción. Se consideró que dicha diferencia (que en realidad es un margen de distribución) refleja todos los costos que involucra el abastecimiento. La solución del modelo se obtuvo usando el lenguaje de programación GAMS (General Algebraic Modeling Systems).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del modelo y los valores promedio observados en 2013. Los datos estimados por el modelo son muy cercanos a los datos observados, por lo



tanto, el modelo base se puede usar para realizar escenarios. Los datos del modelo base indican que en 2013 la demanda promedio de agua fue 143 millones de m³. Del total, la agricultura consumió 98.9%, el sector residencial 0.5% y la ganadería 0.6%.

Cuadro 1. Validación del modelo agua en Cuatro Ciénegas, Coahuila, 2013.

Sector	Consumo (miles de m ³)				Precios (pesos por 1000 m ³)			
	Observado	Estimado	Diferencia	%	Observado	Estimado	Diferencia	%
Residencial	697	697	0	0	8565	8565	0	0.0
Agrícola	141,716	141,716	0	0	564	564	0	0.0
Pecuario	926	926	0	0	564	564	0	0.0
Total	143,340	143,340	0	0				

El modelo base indica que el consumo de agua subterránea fue 143 millones de m³. Así, una reducción de 10% ubica las extracciones en 129 millones de m³. Una contracción en la oferta de agua aumenta los precios y disminuye la demanda para llegar a un nuevo equilibrio. El mayor impacto se daría en los sectores agrícola y pecuario que usan agua subterránea, donde el precio aumentaría 93.6% respecto a los niveles observados en 2013. El aumento en el precio en el otro sector sería menor; por ejemplo, en el sector residencial sería de 6.2 (Cuadro 2). Como consecuencia del aumento en el precio, la demanda de agua disminuye en cada sector consumidor para llegar a un nuevo equilibrio. Por efecto del aumento en el precio, la demanda agrícola disminuye 10.11%; la del sector residencial 0.02% y; la del pecuario 0.19%. Si se quisiera disminuir 20% las extracciones de agua (más de 28 millones de m³) el precio tendría que aumentar (en %) 187.2 en el sector agrícola y pecuario, y 12.3 en el sector residencial.

Cuadro 2. Efectos de la disminución en las extracciones de agua.

Sector	Consumo				Precios			
	Modelo base	Escenario	Diferencia	%	Modelo base	Escenario	Diferencia	%
<i>La disponibilidad de agua disminuye en 10%</i>								
Residencial	697	697	-0.1	-0.02	8,565	9,093	529	6.2
Agrícola	141,716	127,384	-14,332.1	-10.11	564	1,092	528	93.6
Pecuario	926	925	-1.7	-0.19	564	1,092	528	93.6
Total	143,340	129,006	-14,334.0	-10.00				
<i>La disponibilidad de agua disminuye en 20%</i>								
Residencial	697	697	-0.3	-0.04	8,565	9,621	1,057	12.3
Agrícola	141,716	113,052	-28,664.2	-20.23	564	1,620	1,056	187.2
Pecuario	926	923	-3.5	-0.37	564	1,620	1,056	187.2
Total	143,340	114,672	-28,667.9	-20.00				

Conclusiones

Una contracción en la demanda de agua en Cuatro Ciénegas requiere que el consumo disminuya en los sectores donde el valor de uso es menor. Una disminución en las



extracciones de agua podría lograrse bajando la demanda en el sector agrícola, por ser el sector que más consume y por ser sensible a cambios en el precio. Cambios en el precio del agua son un estímulo para que el productor agrícola realice un uso más eficiente del recurso, de ahí que se recomienda la eliminación de cualquier distorsión en las cuotas que actualmente son cobradas para usar el agua. Debido a la importancia de Cuatro Ciénegas en la preservación de pozas y especies, que convierten al valle un laboratorio natural, se recomienda disminuir el consumo de agua en aquel sector con el menor valor de uso como es el sector agrícola.

Bibliografía

- SIE (Sistema de Información Energética). 2014. Precios medios de energía eléctrica por sector tarifario. <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>. (Consulta: julio 2014).
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 1998. Programa Hidráulico Estatal 1996-2020. Unidad de Programación de la Gerencia Estatal en Coahuila. Saltillo, Coahuila.
- CNA (Comisión Nacional del agua). 2014. Consulta a la base de datos del REPDA (Registro Público de Derechos del Agua). <http://www.conagua.gob.mx/Repda.aspx?n1=5&n2=37&n3=115>. (Consulta: enero 2014).
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 2014. Tarifas de agua para uso residencial. Gerencia Estatal en Coahuila. Saltillo, Coahuila.
- Contreras-Balderas, S. 1984. Environmental impacts in Cuatro Cienegas, Coahuila, Mexico: a commentary. In Paul C. Marsh (ed). Biota of Cuatro Cienegas, Coahuila, Mexico: Proceedings of a Special Symposium. Fourteenth Annual Meeting, Desert Fish Council, Tempe, Arizona USA, 18-20 November, 1983.
- Gutiérrez, G. 2004. Cuatro Ciénegas: Oasis en el desierto de Coahuila. Escenario de una gran diversidad biológica. Revista Ciencia y Desarrollo Nueva Época, 30:7-15.
- Guzmán-Soria, E., J. A. García-Salazar, J. S. Mora-Flores, M. Fortis-Hernández, R. Valdivia-Alcalá y M. Portillo-Vázquez. 2006. La demanda de agua en la Comarca Lagunera, México. Agrociencia, 40:793-804.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2008. Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos del acuífero 0504 Cuatrociénegas-Ocampo Diario Oficial de la Federación, 11 de junio de 2008.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2005. Estudio Hidrogeológico de los Acuíferos El Hundido y Cuatro Ciénegas, Coahuila. Disponible en: http://www.desertfishes.org/cuatroc/literature/pdf/IMTA_2005_Hidrogeologia_Hundido_Cuatrociénegas.pdf (Consulta: febrero 2014).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Producción Anual, Cierre de la Producción Agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Consulta: julio 2014).





EXPRESIÓN DE LA ENZIMA CATALASA EN *Vitis vinífera* PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PORTAINJERTOS RICHTER 110, MILLARDET&DEGRASSET 101-14, PAULSEN 110-3 Y COUDERC 330-9

Portillo-Reynosa, K.^{1*}; Ojeda-Barrios, D. L.²; Parra-Quezada, R.³; Nuñez-Barrios, A.⁴
Ruiz-Anchondo, T.⁵

¹Estudiante de posgrado de la Universidad Autónoma de Chihuahua Facultad de Ciencias Agrotecnológicas
1. Chihuahua, Chihuahua. México.

²Catedrático investigador de la Universidad Autónoma de Chihuahua Facultad de Ciencias Agrotecnológicas
2. Chihuahua, Chihuahua. México.

³Catedrático investigador de la Universidad Autónoma de Chihuahua Facultad de Ciencias Agrotecnológicas
3. Chihuahua, Chihuahua. México.

⁴Catedrático investigador de la Universidad Autónoma de Chihuahua Facultad de Ciencias Agrotecnológicas
4. Ciudad, Estado. País.

*Autor responsable: truíz@uach.mx; Calle Campus Universitario 1 Núm. S/N, Col. Universidad, Chihuahua, Chihuahua. México. CP 31100; Tel. +52(614)-439-15-00 Ext. 3148

Resumen

En el estado de Chihuahua actualmente se desarrolla la viticultura, como una oportunidad de elevar la competencia dentro del sector frutícola, sin embargo no existe un análisis preciso del comportamiento de su metabolismo oxidativo como parte de la adaptación a las condiciones climáticas, de suelo, etc.

Para la evaluación de la adaptación de *Vitis vinífera* ubicada en el viñedo Sacramento de Cd. Chihuahua, se muestrearon hojas sanas de las variedades y portainjertos siguientes: Tempranillo Richter 110, Cabernet sauvignon Millardet & De Grasset 101-14, Shiraz 101-14, Shiraz 110-3 Paulsen, Merlot 330-9 Couderc y Merlot 110-3 Paulsen durante el desarrollo del cultivo, a partir de las cuales se cuantificó la enzima catalasa (CAT).

Palabras clave

Portainjerto; *Vitis vinífera*; adaptación

Introducción

Las enzimas interactúan para generar redes metabólicas. La extracción de las isoenzimas en vid es complicada, debido a la gran cantidad de polifenoles presentes en todos los órganos de la planta. Para obtener los extractos del material vegetal estudiado se puede partir de cualquier tipo de tejido vegetal, ya que en todos ellos hay una mayor o menor concentración de isoenzimas para su posterior análisis. Los órganos más frecuentemente utilizados han sido: hojas, bayas, polen (Asensio, 2000).

La maduración y senescencia pueden ser consideradas como fenómenos oxidativos, activados al inicio de la senescencia; así, la actividad SOD y de otras enzimas, como CAT disminuye y el superóxido o peróxido de hidrógeno, podrían acumularse hasta niveles tóxicos para las células,



y desarrollar daños irreversibles en los tejidos. Por lo que, si al menos una de las enzimas está activa, existe la posibilidad de que los daños de la senescencia en los frutos se retarden. Con relación a esto, experimentalmente se ha demostrado la conveniencia de cuantificar la actividad de algunas enzimas, como CAT y SOD, que catalizan las reacciones que disminuyen las concentraciones de las especies reactivas de oxígeno, que en el caso de los frutos de origen tropical y subtropical es incrementada por el frío, durante el almacenamiento (Morales *et al.* 2008).

Los efectos adversos inducidos por la salinidad y el estrés de metal de la planta en crecimiento y desarrollo implican una alteración bioquímica principalmente a través del daño oxidativo. Un aumento exagerado en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), tales como el radical superóxido ($O_2^{\cdot -}$) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2), desencadena un mecanismo complejo de desintoxicación que puede implicar sistemas enzimáticos y no enzimáticos capaces de prevenir las cascadas incontroladas de oxidación (Gratão *et al.*, 2005; Hafsiet *et al.*, 2010). Los mecanismos de ROS incluyen la acción de algunas enzimas clave, como SOD, que dismuta el $O_2^{\cdot -}$ a H_2O_2 . Posteriormente, el H_2O_2 puede ser desintoxicado a H_2O por la APX, CAT, y glutatión peroxidasa (Gratão *et al.*, 2005; Passard *et al.*, 2007). Además, para la desintoxicación de H_2O_2 , los fenoles pueden actuar como antioxidantes mediante la donación de electrones a GPOX (Sakihama, *et al.*, 2002).

Un indicador fundamental para conocer los procesos bioquímicos-fisiológicos en las plantas es el establecimiento de metodologías enfocadas a la identificación y cuantificación de la actividad enzimática presente (Asensio, 2000).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el grado de adaptación de las plantas de *Vitis vinífera*, específicamente en el viñedo Sacramento de Cd. Chihuahua por medio de la expresión de la enzima CAT; se pretende realizar análisis enzimáticos complementarios, seguidos de datos climáticos y de suelo para respaldar la información recabada en este escrito.

Materiales y Métodos

Establecimiento del experimento

El viñedo se encuentra localizado en el Vivero Sacramento Km 40 carr. Chihuahua el Sauz. La densidad de plantación es de 3,333 plantas por hectárea, las hileras están orientadas de Norte a Sur, el cuadro de plantación es de 3x1m, en la cuadro 1 se encuentra el orden, las variedades representadas con números y los portainjertos con letras.

Cuadro 1. Variedades de cultivo de vid representadas con números y letras.

Repetición I			Repetición II			Repetición III		
1a	1b	2d	1a	1b	2d	1a	1b	2d
4a	—	2c	4a	—	2c	4a	—	2c
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	3b	3c	—	3b	3c	—	3b	3c
—	—	4c	—	—	4c	—	—	4c

1. Cabernet Sauvignon CL 8., 2. Merlot CL 15., 3. Shiraz CL 7., 4. Tempranillo CL 2., a. Richter 110, b. 10114 Mgt-Millardet & Grasset, c. 1103 Paulsen, d. Couderc 3309.

Variedades de estudio y portainjertos

Las variedades y portainjertos estudiadas fueron: 1a, 1b, 2c, 2c, 3b, 3c y 4a.



Materiales de plantas y condiciones de crecimiento

Se realizó el muestreo de hojas de *Vitisvinífera* durante el inicio del cultivo, seleccionando de 5 a 6 hojas sanas. Las hojas se congelaron inmediatamente en N₂ líquido y se almacenaron a -80°C antes de los ensayos de los índices bioquímicos.

Metodología enzimática

Las hojas muestreadas fueron congeladas (0.15 g peso fresco) se molieron hasta un polvo fino en N₂ líquido y extraído en 1.5 mL de tampón de fosfato de potasio pH 7.8, que contiene EDTA 0.1 mM, Ditiotetratriol (DTT) 2 mM, Polietilenglicol 1.25 mM (PEG) y 1% polivinilpolipirrolidona (PVPP). El homogeneizado se centrifugó a 14000 rpm durante 20 min a 4°C, utilizando el sobrenadante para ensayos enzimáticos. El contenido de CAT se midió de acuerdo a la metodología de Kalir et al., 1984 y Rao et al., 1997, modificado y optimizado para nuestras condiciones.

En un tubo eppendorf se adicionaron los reactivos en el siguiente orden para la cinética enzimática:

1. 150 µL de KH₂PO₄ pH= 7.0 0.5 M
2. 40 µL de extracto
3. 1 ml de H₂O
4. 88 µL de H₂O₂
5. Seguidamente tras agitar los tubos, se procedió a la lectura de las muestras a una longitud de onda de 240 nm, siguiendo la disminución de absorbancia durante 200 segundos.

Cálculos:

$$\frac{[H_2O_2] - \frac{Lect_{73} \times [H_2O_2]}{Lect_{70}}}{\Delta \text{min}} \times \frac{1}{\text{mg prot}} \times \frac{V_f}{V_{al}}$$

La actividad CAT se expresó como µmol de H₂O₂ reducidos x mg prot⁻¹ x min⁻¹

Resultados y Discusión

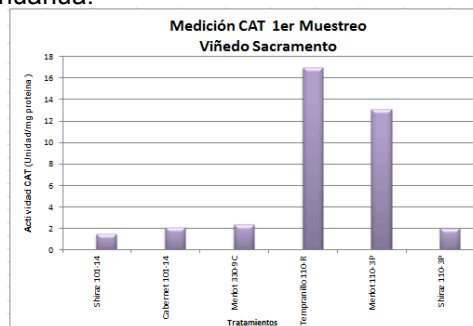
A continuación se presentan las mediciones de CAT en muestras del viñedo Sacramento, en dos fechas de muestreo, correspondientes al inicio del cultivo. En la cuadro 2 se observan los datos del primer muestreo (10 de Mayo de 2013), con su respectiva gráfica, y en la cuadro 3 se presentan datos del segundo muestreo (10 de junio de 2013) y su gráfico.



Cuadro 2. Datos en absorbancia y unidades sobre miligramo de proteína de las variedades de *Vitis vinífera* en estudio. Primer muestreo.

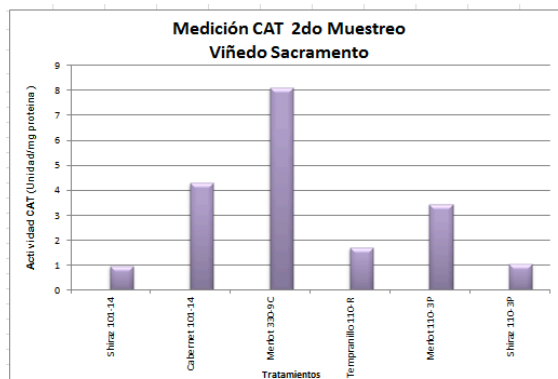
Muestras	Absorbancias a 240 nm	Unidades/mg proteína
Shiraz 101-14	0.6588	1.497
Cabernet 101-14	0.6457	2.084
Merlot 330-9 C	0.7739	2.345
Tempranillo 110-R	0.6102	16.954
Merlot 110-3P	0.8156	13.026
Shiraz 110-3P	0.6512	1.998

Figura 1. Resultados de CAT en diferentes variedades de *Vitis vinífera*, en Sacramento, Chihuahua.



Cuadro 3. Datos en absorbancia y unidades sobre miligramo de proteína de las variedades sobre portainjertos en estudio. Segundo muestreo

Figura 2. Resultados de CAT en diferentes variedades de *Vitis vinífera*, en Sacramento, Chihuahua.





Muestras	Absorbancias a 240 nm	Unidades/ mg proteína
Shiraz 101-14	0.3895	0.949
Cabernet 101-14	0.4518	4.281
Merlot 330-9C	0.3358	8.092
Tempranillo 110 R	0.3070	1.683
Merlot 110-3P	0.5149	3.429
Shiraz 110-3P	0.4219	1.037

Es bien sabido que la enzima CAT se expresa de manera natural como defensa al estrés oxidativo, además se ha informado que el choque térmico puede resultar en un estrés oxidativo, lo que induce la defensa al estrés oxidativo (Sala *et al.*, 2000). Adiminución de la actividad CAT durante el estrés por frío ha sido descrita en diferentes plantas. Lo anterior explica la variación en los resultados presentados dado que en el año que se realizó el análisis existió variación en la temperatura, además del efecto que tiene el portainjerto sobre la variedad.

El portainjerto 110 Richter está muy bien adaptado a la sequía, pero se muestra muy sensible al exceso permanente de humedad, es muy potente, favoreciendo una producción abundante y comunicando un gran vigor a los injertos (Serrano, 2014); en la figura 1 se observa un valor de CAT en Tempranillo 110 Richter muy alto, por encima de los demás portainjertos y variedades, esto se debe a la etapa de inicio del cultivo en donde las reacciones enzimáticas están trabajando en su totalidad y dado el vigor de Tempranillo 110 Richter la cantidad de CAT es mayor.

Conclusiones

La medición de catalasa es útil para estudiar la adaptación y el grado de estrés de determinados cultivos, sin embargo es importante conocer las características de portainjerto, suelo, condiciones de luz, e incluso apoyar el análisis con las mediciones de enzimas tales como superoxidodismutasa, ascorbato oxidasa, guaiacolperoxidasa, peroxidasa, que nos aporten más información sobre el metabolismo oxidativo de la planta.

Bibliografía

- Asensio M. L. S. 2000. Caracterización de Variedades de *Vitis vinifera* L. Cultivadas en Estremadura, Mediante Estudios Morfológicos, Agronómicos y Bioquímicos. Universidad Politécnica de Madrid, 397 pp.
- Morales R. B., Colinas M. T., Peña C. B., Chávez S. H. y Tejacall. 2008. Sistema enzimático antisenescencia, catalasa-superóxidodismutasa, de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) almacenados con frío. Revista Chapingo, Serie horticultura. ISSN 1027-152X.
- Gratão, P.L., Polle, A., Lea, P.J., Azevedo, R.A. 2005. Making the life of heavy metal stressed plants a little easier. Funct. Plant Biol. 32, 481–494.



- Sakihama, Y., Cohen, M.F., Grace, S.C., Yamasaki, H. 2002. Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics induced oxidative damage mediated by metals in plants. *Toxicology* 177, 67–80.
- Sala, J. M., Lafuente M. T. 2000. Catalase enzyme activity is related to tolerance of mandarin fruits to chilling. *PII: S0925-5214(00)00115-0*
- Hafsi, C., RomeroPuertas, M.C., Gupta, D.K., del Río, L.A., Sandalio, L.M., Abdelly, C. 2010. Moderate salinity enhances the antioxidative response in the halophyte *Hordeum maritimum* L. under potassium deficiency. *Environ. Exp. Bot.* 69, 129–136.
- Passardi, F., Theiler, G., Zamocky, M., Cosio, C., Rouhier, N., Teixeira, F., MargisPinheiro, M., Ioannidis, V., Penel, C., Land Dunand, C. 2007. PeroxiBase: the peroxidase database. *Phytochemistry* 68, 1605–1611.
- Documento electrónico, consultado el día 14/08/14, Autor Dr. Serrano, Valencia, España. 2014. <http://www.vitivinicultura.net/2010/10/portainjertos-de-vid.html>





“PRODUCCIÓN DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.) CON ABONOS ORGÁNICOS”

Ramírez- Ibarra J. A.¹; García – Hernández J. L.¹; Fortis-Hernández M.²; Gallegos-Robles M. A.¹; Vázquez- Vázquez C.¹; Salazar –Sosa E.¹; Valenzuela –García A. A.¹

¹Doctorado institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Gómez Palacio, Durango, México.

²Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila, México.

*Autor responsable: jari_wam@live.com.mx; Dom. Conocido: Ejido Ana. S/N. Torreón Coahuila. CP. 27410. Tel. +52 (871)- 235 2961.

Resumen

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) es originario de América tropical, existe en gran variedad de formas, colores y sabores. Es una hortaliza muy importante por su valor nutritivo y por su gran popularidad en la alimentación en México, Perú y en cierto grado, en muchos otros países de Sudamérica. Por su alto contenido de vitaminas (principalmente A y C), su sabor agradable y estimulante, ya sea en variedades dulces o picantes, hacen que esta hortaliza sea un ingrediente valioso y casi esencial en la preparación de alimentos en muchos países del mundo. El objetivo del presente trabajo es: evaluar el rendimiento de chile jalapeño Autlán y sus componentes por efecto de tres fuentes de orgánicas de fertilización para posteriormente en una segunda etapa (datos aún no mostrados) realizar un análisis nutrimental por medio de la técnica de Diagnóstico del Nutrimiento Compuesto. Los resultados indicaron que los tratamientos de chile jalapeño Autlán fertilizado con vermicomposta y gallinaza presentaron los valores más altos de rendimiento y sus componentes respectivamente comparados con el testigo.

Palabras clave

Chile jalapeño; gallinaza; abonos orgánicos.

Introducción

En las últimas décadas la población ha crecido a un ritmo muy acelerado y se estima que la población mundial será de 2 400 millones de personas más para el año 2050 (Delgado *et al.*, 2011). Esto se ha debido en gran medida a los avances tecnológicos que han reducido la mortalidad. En el caso de la agricultura se ha elevado el rendimiento por hectárea de la mayoría de los cultivos a base de agroquímicos. Sin embargo estos insumos cuando se usan de manera irracional pueden ser nocivos para la salud humana o para el ambiente. Estudios en China demostraron que por cada tonelada de N producido y aplicado al cultivo 13.5 toneladas de CO₂-equivalente es emitido (Zhang *et al.*, 2013). El desafío es que cada uno de los cultivos que produzcamos, lo hagamos de una manera en que se armonicen lo mejor posible la producción agrícola económicamente viable y a la vez se cuide el ambiente.

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) es originario de América tropical, existe en gran variedad de formas, colores y sabores. Es una hortaliza muy importante por su valor nutritivo y



por su gran popularidad en la alimentación en México, Perú y en cierto grado, en muchos otros países de Sudamérica. Por su alto contenido de vitaminas (principalmente A y C), su sabor agradable y estimulante, ya sea en variedades dulces o picantes, hacen que esta hortaliza sea un ingrediente valioso y casi esencial en la preparación de alimentos en muchos países del mundo (Cásseres, 1990). Sin embargo es importante cultivarlo de manera sustentable, probando las mejores dosis de abonos orgánicos para cada región y cultivo en específico, de manera que se sustituya total o parcialmente los fertilizantes sintéticos.

Sobrefertilizar implica un gasto económico innecesario más un costo ecológico muy alto (contaminación). De ahí la importancia del análisis nutrimental. El objetivo de este trabajo es: a) Evaluar el rendimiento y número de frutos totales por planta con tres fuentes de fertilización para posteriormente en una segunda etapa (datos aún no mostrados) realizar un análisis nutrimental por medio de la técnica de Diagnóstico del Nutrimiento Compuesto.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó a campo abierto en el Ejido Florencia, Coahuila, México, durante el ciclo primavera-verano de 2013. La temperatura media anual es de 22.1 °C, la precipitación pluvial es de 258 mm y la evaporación anual media aproximadamente es de 10 veces mayor. Los suelos de la región son de aluvión, profundos y arcillosos (García *et al.*, 2009).

El diseño experimental usado fue bloques al azar con tres tratamientos de fertilización: 1) 10 Mg ha⁻¹ de vermicomposta, 2) cinco Mg ha⁻¹ de gallinaza y 3) fertilización química 150-150-00, estableciendo tres repeticiones.

Cuadro 1. Análisis químico de sustratos evaluados en campo Florencia- 2013.

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	M.O. (%)	pH
Gallinaza	2.16	2.33	2.87	2.20	1.08	30.1	8.89
Vermicomposta	1.36	0.66	2.93	3.47	0.72	42.4	8.37

Se muestrearon las plantas útiles de manera individual al momento de la floración. De la misma manera se obtuvo el rendimiento y número de frutos cosechados de cada planta, cosechándose cinco ocasiones en todo el ciclo. Se sumaron los cinco cortes y estos resultados son los que se muestran.

Resultados y Discusión

Rendimiento

En la Figura 1 se puede observar que aunque no hubo diferencias significativas, los valores más altos de producción de chile jalapeño se obtuvieron en los tratamientos abonados con vermicomposta con 38.2 Mg ha⁻¹ de producción de chile en verde, valores más altos de rendimiento que los tratamientos que fueron abonados con gallinaza o fertilizados sintéticamente los cuales produjeron 33.6 y 23.4 Mg ha⁻¹ de chile respectivamente. Tendencias similares fueron encontradas por Ríos (2013) en rendimiento de chile colorín, el cuál comparó



los tratamientos de vermicomposta, estiércol solarizado y testigo siendo los tratamientos de vermicomposta los de mayor rendimiento. Además se coincide con Macías(2012) quien con cinco Mg ha⁻¹ de gallinaza obtuvo los mayores rendimientos en comparación con la fertilización química. Esto se puede deber a que los abonos orgánicos proporcionan a la planta algunos beneficios como mayor retención de humedad (López, 2010), mayor porosidad, menor densidad aparente y menor compactación, lo que se refleja en un medio ambiente propicio para la penetración radicular y por ende en una alta fertilidad natural (Ruiz, 2001), además de que la vermicomposta ha sido ampliamente utilizada en cultivos hortícolas tanto en proyectos de investigación como comerciales.

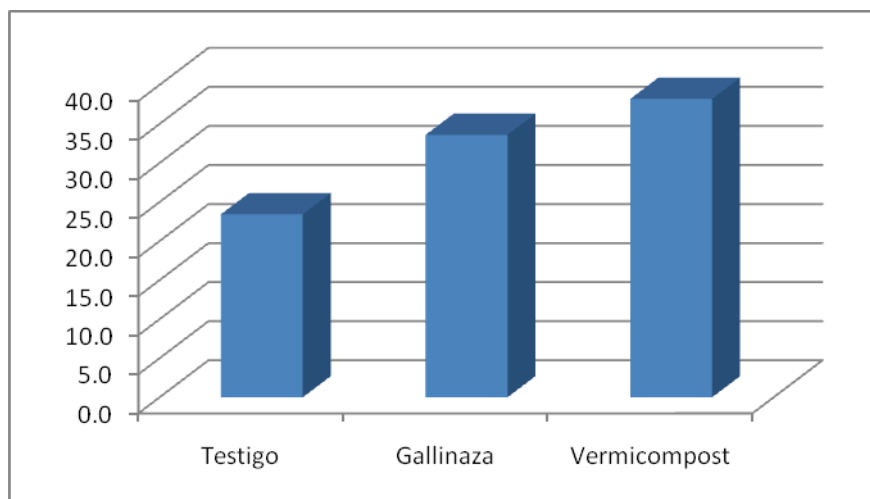


Figura 1. Rendimiento de chile jalapeño bajo tres fuentes de fertilización.

Número de frutos por planta

La Figura 2 muestra que aunque no hubo diferencia significativa en número de frutos cosechados por planta, los valores más altos fueron para los tratamientos fertilizados con gallinaza con 47.4 frutos, sin embargo de menor peso comparado con los demás tratamientos, posiblemente debido a algunas deficiencias de la gallinaza en alguno de los nutrientes, lo cual fue corregido por Macías (2012) añadiendo 80 unidades de nitrógeno por ha. Esto coincide parcialmente con lo encontrado por el autor antes citado quien menciona que la aplicación de cinco Mg ha⁻¹ de gallinaza aceleró el proceso de maduración de los frutos de chile y se tuvo mayor rendimiento significativamente respecto al testigo con fertilización sintética.

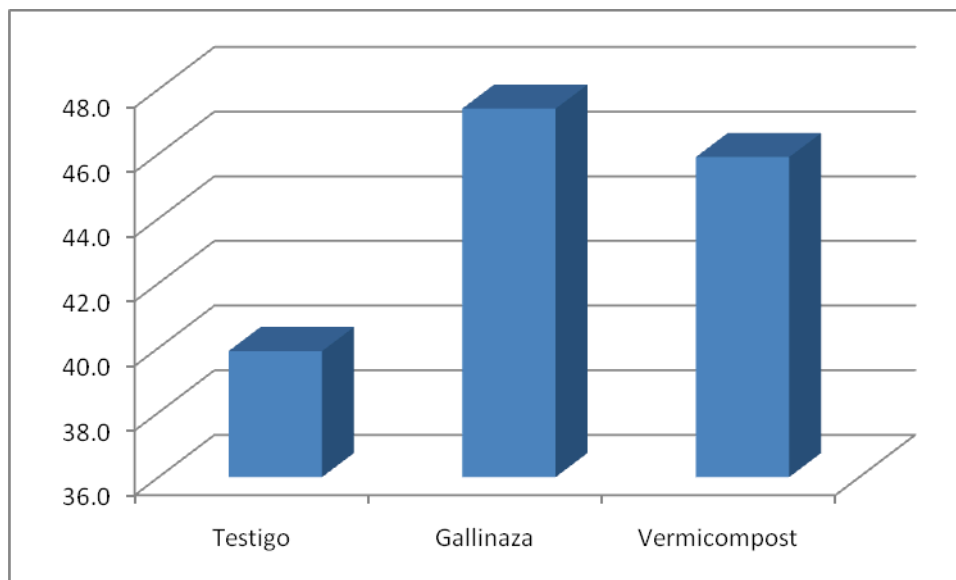


Figura 2. Número de frutos por planta de chile jalapeño bajo tres fuentes de fertilización.

Conclusiones

En el presente trabajo, aunque no hubo diferencia significativa, los tratamientos de chile jalapeño fertilizados con abonos orgánicos vermicomposta y gallinaza fueron los que presentaron los valores más altos de rendimiento y número de frutos cosechados por planta comparados con el testigo fertilizado con fertilizante sintético.

Esto puede deberse a los múltiples beneficios de los abonos orgánicos mencionados en trabajos anteriores como proporcionar mayor conductividad hidráulica, mayor porosidad, menor densidad aparente y menor compactación, lo que se refleja en un medio ambiente propicio para la penetración radicular y por ende en una alta fertilidad natural, la cual en esta ocasión se tradujo en mayor número de frutos por planta y altos rendimientos. De acuerdo a los datos encontrados es posible sustituir total o parcialmente los fertilizantes sintéticos por abonos orgánicos teniendo un menor costo de fertilización y sin disminuir el rendimiento.



Bibliografía

- Cásseres, E. 1990. Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de Ciencias agrícolas. San José Costa Rica. pp. 180–193.
- Delgado JA., Peter M. Groffman, Mark A. Nearing, Tom Goddard, Don Reicosky, Rattan Lal, Newell R. Kitchen, Charles W. Rice, Dan Towery and Paul Salon. 2011. Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil and Water Conservation* 66 (4): 118-129.
- García-Hernández J.L.; I. Orona-Castillo, G. González, R.D. Valdez-Cepeda, B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, M. Fortis, M.A. Segura. 2009. Nutrient interactions and compositional nutrient diagnosis norms in pecan tree (*Carya illinoensis*). *Revista Chapingo-Serie Horticultura* 15(2): 141-147.
- López-Martínez JD, Vázquez VC, Salazar SE, Zúñiga TR, Trejo- Escareño HI. 2010. Sistemas de labranza y fertilización en la producción de maíz forrajero. *FYTON* 79: 47-54.
- Macías-Duarte, R., Raúl Leonel Grijalva Contreras y Fabián Robles Contreras. 2012. Respuesta de la aplicación de estiércol y fertilizantes sobre el rendimiento y calidad del chile jalapeño. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud* 15(3): 32-38.
- Ríos-Plaza, J. L., José Luis García Hernández; Pablo Preciado – Rangel, Cándido Márquez – Hernández, Guadalupe Luna Ortega. 2013. Crecimiento y rendimiento de chile colorín (*Capsicum annuum*.) introducido a la Comarca Lagunera, producido en invernadero bajo tres sustratos orgánicos. Décima convención mundial del chile. Durango, Dgo., México. 25 -27 de julio de 2013. Artículo in extenso: Pág: 133-138.
- Ruiz, F. J. F. 2001. Producción animal orgánica. CONARAO (Consejo Nacional Regulador de la Agricultura orgánica). Pp. 104-106.
- Zhang Wei-feng, Zheng-xiaDou, Pan He, Xiao-Tang Ju, David Powlson, Dave Chadwick, David Norse, Yue-Lai Lu, Ying Zhang, LiangWu, Xin-Ping Chen, Kenneth G. Cassman and Fu-Suo Zhang. 2013. New technologies reduce greenhouse gas emissions from nitrogenous fertilizer in China. *PNAS* 110 (21): 8375–8380.





SALMONELLA EN CHILES COSECHADOS EN SUELOS CON ESTIÉRCOL SOLARIZADO

Resendez Morales C.¹; Olivas-Enríquez E¹; Flores-Margez J.P.^{1*}; Corral-Díaz B.¹; Osuna-Ávila P.¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, ICB. Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

*Autor responsable: juflores@uacj.mx; Anillo Envolvente PRONAF y Estocolmo s/n. Zona PRONAF. C.P. 32310. Tel. +52(656)-6881800

Resumen

En México, una de las hortalizas más populares es el chile, lo que origina su gran demanda, sin embargo, poco se ha estudiado respecto a su posible papel como transmisor de enteropatógenos humanos. El abonado con estiércol animal, sobre todo bovino, disemina patógenos zoonóticos intestinales, cuando aquél no fue procesado correctamente. Una vez en el suelo, los patógenos pueden sobrevivir por largos periodos de tiempo, contaminando los productos agrícolas de consumo humano. En este estudio, se propone como opción esta hortaliza, fertilizada con estiércol bovino solarizado, para eliminar el riesgo de transmisión de patógenos zoonóticos, desarrollando un estudio piloto con plantas de chile en el invernadero, cuyo suelo fue tratado con estiércol solarizado y sin solarizar. Los frutos se analizaron bacteriológicamente para identificar *Salmonella*; además se analizaron bacterias en el estiércol, antes y después de la solarización. Los resultados mostraron la presencia de *Salmonella* en el estiércol sin solarizar, pero no en el solarizado; también se detectó superficialmente en frutos de chile, de plantas sembradas en suelos tratados con estiércol solarizado y sin solarizar. En los resultados no se encontró la presencia de *Salmonella* en el interior de los frutos.

Palabras clave:

Estiércol solarizado, *Salmonella*, abono orgánico.

Introducción

Los agricultores en el Valle de Juárez, Chihuahua, demandan un cambio de cultivos a los tradicionales como algodón y alfalfa, con opción de siembra de hortalizas, como el chile. Además de las aguas residuales utilizadas en el riego agrícola, también el uso de estiércol bovino es importante actividad en la región (Olivas et al., 2013). Una opción nutritiva para las hortalizas es utilizar estiércol bovino solarizado, lo cual elimina el riesgo de transmisión de los posibles patógenos zoonóticos provenientes del ganado, sobre todo enterobacterias, que son las más comunes, como riesgo para la salud de los consumidores. Sin embargo, existen escasos estudios referentes a su posible papel como transmisor de enteropatógenos humanos.

En los últimos años, se ha incrementado el consumo de frutas y hortalizas en todo el mundo, al igual que las infecciones intestinales asociadas a este tipo de alimentos, motivo por el cual se hace necesaria una iniciativa que asegure la inocuidad de los vegetales que se ingieren crudos, tanto locales como importados (Gallegos-Robles et al., 2008). En México, una de las hortalizas más populares es el chile, consumido fresco o seco, en ensaladas o en salsas tanto crudas como cocinadas y como integrante de una gran variedad de platillos (FAOSTAT, 2009). El



mayor riesgo de contraer infecciones intestinales es cuando el fruto se consume crudo o mal cocinado, sin embargo existen escasos reportes al respecto. Una de las fuentes de patógenos humanos en el chile es el huerto mismo, cuando el suelo agrícola es sometido a dicha contaminación a través del riego agrícola con aguas residuales, sin tratamiento adecuado que destruya dichos organismos, o en otros casos es el abonado con estiércol animal, sobre todo bovino, que puede contener patógenos zoonóticos, cuando éste no fue procesado correctamente antes de la aplicación (Islam et al., 2004). Una vez en el suelo, los patógenos pueden sobrevivir por largos períodos de tiempo, contaminando los productos agrícolas (Droffner y Brinton, 1995).

El estiércol contiene una gran variedad de enteropatógenos zoonóticos como *E. coli*, *Salmonella* spp., *Listeria* spp., *Cryptosporidium* spp. y *Giardia lamblia*, por lo que son recomendados algunos tratamientos para el estiércol, antes de su aplicación al campo, con el fin de destruir los microorganismos. Uno de los tratamientos recomendados es la solarización del estiércol, mediante la utilización de la energía solar, con el fin de que se eleve la temperatura, en tal forma que sea suficiente para destruir los microorganismos presentes, el cual consiste en el calentamiento natural de suelo cubierto con plástico polietileno transparente de 100 a 200 nm de grosor, que permite captar la radiación solar e incrementar considerablemente la temperatura por arriba de 70°C (Vázquez-Vázquez et al., 2010; Vázquez-Vázquez et al., 2011).

Materiales y Métodos

Diseño de los tratamientos en el invernadero

El diseño experimental fue completamente al azar con 8 tratamientos y 6 repeticiones. Se sembraron semillas de chile jalapeño en 48 macetas de 4 kg, con suelo adicionado de diferentes dosis de estiércol solarizado y estiércol sin solarizar. Dosis de estiércol bovino (0, 20, 40, 60 t/ha). Tipos de estiércol (solarizado y sin solarizar). Descripción de los tratamientos: T1= Suelo Control, T2= Estiércol sin solarizar, 20 t/ha, T3= Estiércol sin solarizar, 40 t/ha, T4= Estiércol sin solarizar, 60 t/ha, T5= Suelo Control, T6= Estiércol solarizado, 20 t/ha.

Análisis microbiológico:

Detección de *Salmonella* en la superficie de los frutos de chile: El método utilizado se basó en el descrito por la norma mexicana (NOM-114-SSA1-1994), en el cual se utilizan muestras de 25 g del alimento que se siembran en medio de cultivo para el enriquecimiento de *Salmonella* y posterior aislamiento en medios selectivos. Después se utilizan pruebas bioquímicas para identificación de *Salmonella* y otras enterobacterias. Igualmente se practicó el mismo método para el aislamiento de las bacterias a partir de interior del fruto, excepto que se desinfectaron los chiles antes del análisis, con etanol e hipoclorito de sodio. Determinación cualitativa y cuantitativa de *Salmonella* y otras enterobacterias en estiércol sin solarizar, estiércol solarizado y suelo control: El mismo método bacteriológico se utilizó para la detección de *Salmonella*, excepto que se hicieron diluciones de la muestra y se contaron las colonias desarrolladas (Palacios et al., 1999).

Resultados y Discusión

Se demostró la presencia de la bacteria patógena *Salmonella*, tanto en el estiércol sin solarizar (Cuadro 1), como en la superficie de chiles cosechados de plantas cultivadas en suelo con

estiércol sin solarizar (Cuadro 2); sin embargo, no se encontró la bacteria en el interior de chiles desinfectados superficialmente. Algo no esperado fue identificar *Salmonella* en chiles de plantas cultivadas en suelo tratado con estiércol solarizado (Cuadro 3), ya que en el estiércol solarizado se asume una reducción significativa de bacterias por el proceso de solarización al elevarse la temperatura en la pila de tratamiento hasta 60 °C (Figura 1).

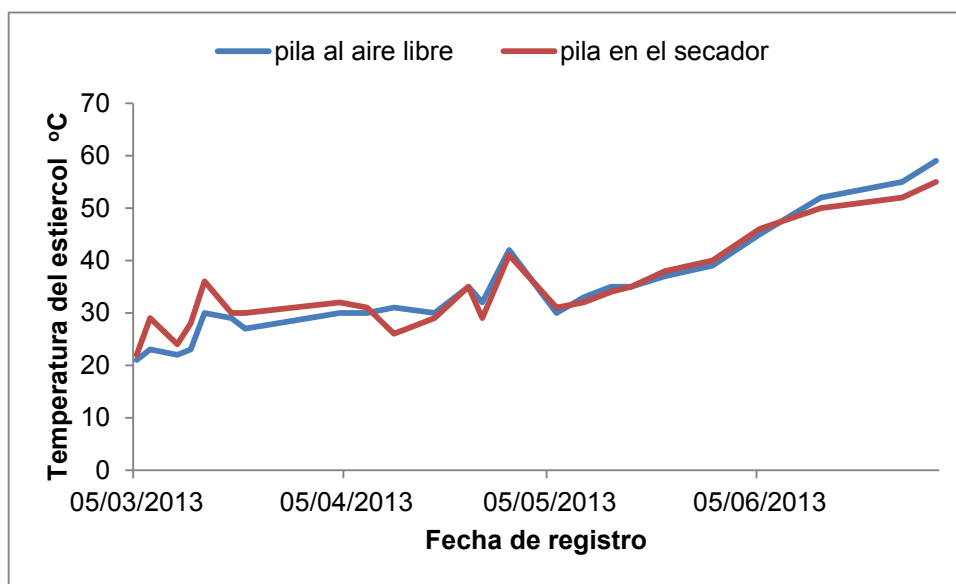


Figura 1. Temperatura del estiércol utilizadas en la solarización durante 2013 (Medrano, A.Y. 2014).

Cuadro 1. Promedio de *Salmonella* en estiércol sin-solarizar (ES).

Repeticiones	Salmonella
Muestra 1	495,000
Muestra 2	540,000
Muestra 3	382,500

Cuadro 2. *Salmonella* en la superficie de frutos de chile cultivado en suelo con estiércol solarizado.

Solarizado	Salmonella
20 T/Ha	-
20 T/Ha	+
20 T/Ha	+
40 T/Ha	-
40 T/Ha	+
40 T/Ha	-
60 T/Ha	-
60 T/Ha	-
60 T/Ha	+



Cuadro 3. *Salmonella* en la superficie de frutos de chiles suelo tratado con estiércol sin solarizar.

Sin Solarizar	Salmonella
20 T/Ha	+
20 T/Ha	+
20 T/Ha	+
40 T/Ha	-
40 T/Ha	+
40 T/Ha	+
60 T/Ha	+
60 T/Ha	+
60 T/Ha	+

La presencia inesperada de *Salmonella* en la superficie de frutos de plantas con estiércol solarizado, podría explicarse debido a una contaminación dentro del invernadero, en la que pudieron influir diversos factores, tales como agua de salpicado durante el riego, escorrentía, herramientas contaminadas a la hora de regar, las manos de los manipuladores, las corrientes de aire que levantan partículas del suelo conteniendo organismos y llevarlas a otras plantas, o el acarreo de microorganismos por animales insectos vectores, o roedores. Todo esto en forma semejante a lo que ocurre en la dispersión de organismos fitopatógenos de planta a planta (Vidaver y Lambrecht, 2004). Por otro lado, se puede tomar en cuenta la capacidad que tienen algunas bacterias patógenas como *Salmonella*, de multiplicarse a partir de las que sobreviven al composteo de la materia orgánica, incrementando su población y llegando a ser una fuente importante de organismos en ese ambiente (Droffner y Brinton, 1995).

Conclusiones

Se encontró presencia de *Salmonella* en estiércol bovino sin solarizar, pero ausencia en estiércol solarizado. Se identificó *Salmonella* en la superficie de frutos de chiles, de plantas cultivadas en suelo tratado con estiércol solarizado y sin solarizar, pero no se encontró en el interior de ningún fruto. Probablemente, dentro del invernadero pudieron influir diversos factores que permitieron la contaminación de las macetas tratadas con estiércol sin-solarizar, a las tratadas con estiércol solarizado. Aparentemente no influyeron las dosis de estiércol en la incidencia del patógeno en este experimento, para la efectividad de eliminación de *Salmonellase* recomiendan medidas estrictas para evitar contaminación bacteriana de unas plantas a otras.

Agradecimientos

Al proyecto de red de cuerpos académicos apoyados por el PROMEP-SEP y a la red internacional de agricultura orgánica que integran la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, el Instituto Tecnológico de Torreón y la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.



Bibliografía

- Droffner, M.L., Brinton, W.F. 1995. Survival of *E. coli* and *Salmonella* populations in aerobic thermophilic composts as measured with DNA gene probes. *ZentralblHygUmweltmed.* 197(5):387-97.
- FAOSTAT. 2009. FAOSTAT ProdSTAT Crops. 2009. FAO. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.
- Gallegos-Robles M. A., Morales-Loredo A., Alvarez-Ojeda G., Vega-P. A., Chew-M. Y., Velarde S. y Fratamico P., 2008. Identification of *Salmonella* serotypes isolated from Cantaloupe and Chile pepper production systems in Mexico by PCR-Restriction fragment length polymorphism. *Journal of Food Protection*, 71 (11):2217-2222.
- Islam, M., Morgan J., Doyle M.P., Phatak S.C., Millner P., Jiang. X. 2004. Fate of *Salmonella entericas* serovar Typhimurium on carrots and radishes grown in fields treated with contaminated manure composts or irrigation water. *Appl Environ Microbiol.* 70(4):2497-502.
- NOM-114-SSA1-1994. Norma Mexicana para aislamiento de *Salmonella*.
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/114ssa14.html>
- Olivas, E.E., J.P. Flores M., G. D. Di Giovanni, B. Corral D. y P. Osuna A. 2013. Contaminación fecal en agua potable del Valle de Juárez. *Terra Latinoamericana*. 31(2):135-143.
- Palacios, M. P., Lupiola P., Del Nero E., Pardo A., Rodríguez F., Pita M. L., y Tejedor M.T., (1999). abe.ufl.edu/carpena/files/pdf/zona_no_saturada/estudios_de_la_zona_v4/iii-05.pdf, consultado el 13 de agosto del 2013
- Vázquez V., C., Salazar S., E., Fortis H., M., Reyes O., M., I., Zúñiga T., R., y Gonzales J., A., 2010. Uso de cubiertas plásticas para solarización de estiércol Bovino, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1(4):619-625.
- Vázquez -Vázquez C., García -Hernández J.L., Salazar-Sosa E., López -Martínez J.D., Valdez-Cepeda R.D., Orón-Castillo I., Gallegos-Robles M.A., Preciado-Rangel P. 2011. Aplicación de Estiércol Solarizado al Suelo y la Producción de Chile Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(1): 69-74.
- Vidaver, A.K. and P.A. Lambrecht . 2004. Bacteria as Plant Pathogens. Department of Plant Pathology, University of Nebraska, Lincoln, NE. APS Education > Introductory > Introduction to the Pathogen Groups.
<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/pathogengroups/pages/bacteria.aspx>.





DINÁMICA NUTRIMENTAL DE *Cuitlauzinapendula* EN EL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DE LAS SIERRAS TRIQUI-MIXTECA

Ríos-Gómez, R.^{1*}; Joaquín-Ortiz, A.¹; Solano-Camacho, E.¹; Gámez-Barajas, C.¹

¹ Unidad de investigación en sistemática vegetal y suelos, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México.

*Autor responsable: riosarana@gmail.com. Batalla 5 de Mayo S/N Ejército de Oriente, Iztapalapa, 09230, México, D.F.

Resumen

Se identificaron las áreas de distribución de *Cuitlauzinapendula* en la comunidad San Andrés Chicahuaxtla, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca. Se describió su hábitat y se cuantificaron los nutrientes esenciales disponibles en el sustrato y agua de escurrimiento a partir del sitio donde se establece la orquídea. Para la descripción del hábitat se determinó taxonómicamente el forofito y se cuantificaron las epífitas asociadas y composición del sustrato (hojas, tallos y miscelánea). Se registró que *Quercus crassifolia* es el forofito del 100% de individuos censados de *Cuitlauzinapendula* que su establecimiento está asociado a briofitas del género *Syrrhopodon* y ocasionalmente se agrega con *Oreopanax sanderianus*, *Polypodium fraterum*, *Dryopteris simplicior*, *Campyloneurum angustifolium*, *Pleopeltis angusta*, *Isochilus bracteatus* y *Rhynchosytema maculata* subsp. *oestlundiana*. Se obtuvo un elevado contenido de nitrógeno y calcio en el sustrato, mientras que la concentración más elevada de fósforo, potasio y magnesio se presentó en las epífitas asociadas. El análisis nutrimental del agua obedece el siguiente orden $K > Ca > Mg > NH_4^+ > NO_3^- > P$.

Palabras clave

Cuitlauzina; sustrato; mesófilo.

Introducción

El bosque mesófilo de montaña representa menos del 1% de la superficie total del territorio mexicano; el estado de Oaxaca cuenta con la mayor superficie y en mejor estado de conservación. Un grupo taxonómico bien representado en este ecosistema es la familia Orchidaceae. México cuenta con una diversidad aproximada de 1,200 especies, de éstas, aproximadamente el 40% son endémicas y alrededor de 200 son catalogadas como amenazadas o en peligro de extinción (Menchaca *et al.*, 2012). El caso de *Cuitlauzinapendula* no es ajeno, la colecta y venta ilegal son una amenaza. La Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) incluye a *Cuitlauzinapendula*, especie endémica de México en la categoría de especie amenazada. En el municipio de San Andrés Chicahuaxtla, en el estado de Oaxaca, *C. pendula* se distribuye en áreas restringidas en el bosque mesófilo de montaña e informan los habitantes que sus poblaciones han sufrido una disminución considerable.



Materiales y Métodos

Las Sierras Triqui-Mixteca fueron designadas por la CONABIO como la Región Terrestre Prioritaria número 126; el municipio Putla Villa de Guerrero, se localiza al suroeste del estado de Oaxaca, dentro de la Región Mixteca. El presente trabajo se realizó en la comunidad San Andrés Chicahuaxtla, en el ejido Mesoncito. Se hicieron recorridos para ubicar las zonas de distribución de *Cuitlauzinapendula*, se hizo un censo poblacional de la especie y sus forofitos, con la finalidad de seleccionar el área con el mayor número de individuos y menor grado de perturbación.

Los individuos que se encontraron en el hábitat de *Cuitlauzinapendula* se identificaron taxonómicamente, incluido el forofito. Se describió cualitativamente el hábitat, en dos muestreos anuales se extrajo en un área de 30x30 cm el sustrato que le sirve de soporte y fuente de recursos para su análisis nutrimental (N, P, Ca, K y Mg) y establecer la composición porcentual de la biomasa seca de ramas, hojas, pseudobulbos y miscelánea. Una vez cuantificada la biomasa de cada muestra de sustrato, se dividió en dos submuestras, una formada por las epífitas cuyo crecimiento se encuentra asociado al de la orquídea y la otra, por la biomasa seca que forma el sustrato. En cada submuestra se reconoció y separó cada componente y se determinó la masa y porcentaje representado por cada uno.

Análisis nutrimental de sustrato

El análisis nutrimental de las muestras de sustrato se realizó mediante los siguientes métodos: nitrógeno total, método semi-micro Kjeldhal modificado para incluir nitratos (INE, 2006); fósforo y potasio mediante digestión con $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$ y análisis colorimétrico (IRENAT-Colegio de Postgraduados, 1993); calcio y magnesio por digestión húmeda con $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$ y espectrofotometría de absorción atómica.

Muestreo de agua y análisis nutrimental

Se realizaron dos muestreos anuales del agua de escurrimiento a partir del sitio donde se establece *Cuitlauzinapendula*. Se colocó un sistema que consistió en un embudo con diámetro de 20 cm conectado a una manguera con longitud necesaria para llegar a un depósito con capacidad de cuatro litros.

Para el análisis nutrimental se utilizaron los siguientes métodos: nitrógeno por el método del ácido fenoldisulfónico; amonio por el método del fenato (APHA *et al.*, 1963); fósforo total por el método del fosfomolibdato (APHA *et al.*, 1963); calcio y magnesio por espectrofotometría de absorción atómica con equipo Spectraa 200 marca Varian (Rodier, 1978) y potasio por espectrofotometría de emisión atómica (APHA *et al.*, 1963).

Resultados y Discusión

Se identificaron tres sitios en donde *Cuitlauzinapendula* crece de manera natural: Barranca de carrizos, arriba de la Cueva Colorada y San Marcos Mesoncito. *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl. es la especie en la que se establece y desarrolla el 100% de los individuos de *C. pendula* en las poblaciones estudiadas. Se ha estudiado



la preferencia de orquídeas hacia determinado forofito (Bergstrom y Carter, 2008), sin embargo, Poltz y Zotz (2011), sugieren que el conjunto de características del forofito, de su corteza y la presencia de otras epífitas es lo que determina la preferencia hacia alguna especie de árbol en particular, los resultados obtenidos concuerdan con estos autores.

Las epífitas que se encontraron asociadas a *Cuitlauzinapendula* son: *Oreopanaxsanderianus* Hemsl., *Polypodiumfraternum* Schltdl. & Cham., *Dryopteris simplicior* Michel & Beitel, *Campyloneurum angustifolium* Sw. Fée, *Pleopeltis angusta* Humb. & Bonpl. ex Willd., *Isochilusbracteatus* (La Llave & Lex.) Salazar & Soto Arenas y *Rhynchosytemaculata* subsp. *oestlundiana* (L.O. Williams) Soto Arenas & R. Jiménez, así como algunos representantes de la familia Bromeliaceae, lycopodios y briofitas del género *Syrrhopodon*, que forman un “tapete” en el cual se desarrolla *C. pendula*. Scheffknecht *et al.* (2010) atribuyen a las epífitas no vasculares la intercepción de grandes cantidades de agua y nutrientes.

En resumen, el sustrato en el que se establece y desarrolla *Cuitlauzinapendula* está integrado por materia orgánica humificada, partículas minerales, numerosas raíces de otras epífitas, algunas de las cuales mueren año con año y representan parte del almacén de nutrientes del cual las orquídeas, entre otras especies, adquieren los nutrientes y la humedad necesarios para su supervivencia. Cabe señalar que los brotes de *C. pendula* y los de todas las epífitas capturan materiales de origen diverso (hojarasca, restos de otras epífitas, entre otros) que forman parte del almacén de recursos.

Se observó que más del 76% del material está integrado por biomasa seca y el porcentaje restante, corresponde a las epífitas asociadas. Se encontró que la materia orgánica en descomposición acumulada en las ramas de los forofitos, es el principal formador del sustrato disponible para las plantas epífitas, además de una pequeña porción mineral.

En la submuestra de sustrato la fracción constituida por restos de lycopodio y musgos es la más abundante (63.7%), seguido de la miscelánea (33.21%) integrada de materiales orgánicos parcialmente descompuestos y cuyo origen es tejido vegetal muerto, aportado por las epífitas, o bien, aquel aportado por el forofito y otros componentes de la vegetación arbórea. En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos en el análisis nutricional de las submuestras. Los resultados obtenidos concuerdan con Clark *et al.* (2005) quienes registraron un mayor contenido de nitrógeno en humus y briofitas en descomposición, con respecto al follaje de epífitas vasculares.

Cuadro 1: Contenido nutricional en submuestras, epífitas asociadas y componentes del sustrato.

	Nitrógeno (ppm)	Fósforo (ppm)	Calcio (ppm)	Potasio (ppm)	Magnesio (ppm)
Epífitas asociadas	4831.66	5.46	1137.76	22395.5	435.27
Componentes del sustrato	7011.37	6.535	1061.86	15848.20	392.13



El nutrimento con la menor concentración en las submuestras es el fósforo, ya que en la hojarasca recién acumulada en el follaje de la orquídea, este elemento se encuentra inmovilizado en el tejido. El contenido de potasio en las epífitas asociadas es elevado a pesar de ser un elemento con alta movilidad y superior que en los componentes del sustrato. Altas concentraciones en el tejido vivo, están relacionadas con su participación en el potencial osmótico de las plantas, que permite la acumulación de agua y nutrimentos en los tejidos.

En el sustrato se registró mayor concentración de calcio, se sabe que la mayor parte de este elemento es suministrado por el desfronde, su acumulación y posterior mineralización. Según Tobón *et al.* (2004), en hojarasca y miscelánea, Ca y Mg se presentan en concentraciones relativamente bajas y generalmente, este último suele ser limitante en bosques.

Contenido nutrimental en agua de escurrimiento

El agua de escurrimiento en el sitio donde se establece *Cuitlauzinapendula* y que está en contacto su sistema radical, presenta un contenido nutrimental bajo (Cuadro 2), sin embargo, juega un papel importante en la disponibilidad de nutrimentos para la orquídea.

Cuadro 2. Contenido nutrimental en agua de escurrimiento.

Muestreo	NO ₃ Ppm	NH ₄ ppm	P Ppm	Ca Ppm	K ppm	Mg Ppm
Agosto 2011	0.112	0.645	0.038	2.7	3.7	0.33
Agosto 2011	0.136	0.722	0.043	4.69	6.68	0.41
Agosto 2011	0.153	0.857	0.042	7.19	21.21	1.43
Agosto 2011	0.144	0.712	0.04	5.77	4.65	0.96
Septiembre 2012	1.894	1.372	0.228	5.77	8.22	1.05
Septiembre 2012	0.169	2.033	0.165	6.55	31.14	1.14
Septiembre 2012	0.567	1.168	0.2	7.6	25.9	2.24
Septiembre 2012	0.123	1.715	0.151	4.88	7.63	1.17

Los nutrimentos con mayor concentración en este trabajo son el potasio y calcio, mientras que en menor cantidad se encontró el nitrógeno (en forma de nitratos y amonio); lo que concuerda con Gallardo y Moreno (1999) quienes estudiaron la composición química del agua de lluvia en un bosque de *Quercus pirenaica*. Fritz *et al.* (2009) sugieren que el escurrimiento del agua a través de la corteza y ramas permite el enriquecimiento de nutrimentos, principalmente de cationes; las altas concentraciones de Ca, K y Mg obtenidas, están favorecidas por las características de la corteza de *Quercus crassifolia*, la acumulación de materia orgánica y su lavado.

Conclusiones



Quercus crassifolia es la única especie que actúa como forofito de *Cuitlauzinapendula* en el área de estudio, su establecimiento se encuentra asociado al crecimiento de briofitas del género *Syrrhopodon* y ocasionalmente al de otras epífitas vasculares. El sustrato que utiliza la orquídea, aporta gran cantidad de nitrógeno y fósforo, mientras que las epífitas asociadas concentran alto contenido de potasio, calcio y magnesio.

Agradecimientos

Al Programa de Apoyo para la Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), convenio IN225210-3 por el apoyo económico para la realización de este trabajo.

Bibliografía

- APHA-AWWA-WPCE. 1989. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ed. Díaz de Santos S. Madrid España.
- Bergstrom, B. J. y R. Carter. 2008. Host-tree selection by an epiphytic orchid, *Epidendrum magnoliae*. (Green Fly Orchid), in an Inland Hardwood Hammock in Georgia. *Southeastern Naturalist* 7(4): 571-580.
- Clark, L. K., N. M. Nadkarni y H. L., Gholz. 2005. Retention of inorganic nitrogen by epiphytic bryophytes in a tropical montane forest. *Biotropica* 37(3): 328-336.
- Fritz, O., J. Brunet y M. Caldiz. 2009. Interaction effects of tree characteristics on the occurrence of rare epiphytes in a Swedish beech forest area. *The Bryologist*. 112(3):488-505.
- Gallardo, J. F. y G. Moreno. 1999. Modificación de la composición química del agua de lluvia en un ecosistema mediterráneo (monte de *Quercus pyrenaica*, Navasfrías, oeste español), *Ecología* (13)3-23.
- INE. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 180 pp.
- IRENAT-Colegio de Postgraduados. 1993. Manual de procedimientos analíticos para análisis de suelos y plantas del laboratorio de fertilidad de suelos. IRENAT-Colegio de Postgraduados, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C., ISP Programa de Intercalibración de Análisis de Suelos y Plantas. 37 pp.
- Menchaca, G. R. A., R. M. A. Lozano, y L. M. Sánchez. 2012. Estrategias para el aprovechamiento sustentable de las orquídeas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 3(13):9-16.
- Poltz, K. y G. Zotz. 2011. Vascular epiphytes on isolated pasture trees along a rainfall gradient in the lowlands of Panama. *Biotropica*. 43(2):165-172.
- Rodier, J. 1978. Análisis de aguas. Omega. Barcelona, España. 1059 pp.
- Scheffknecht, S., M. Winkler, K. Hulber, M. Mata Rosas y P. Hietz. 2010. Seedling establishment of epiphytic orchids in forest and coffee plantations in central Veracruz, México. *Journal of Tropical Ecology* 26:93-102.
- Tobon, C., J. Sevink y J. M. Verstraten. 2004. Litterflow chemistry and nutrient uptake from the forest floor in northwest Amazonian forest ecosystems. *Biogeochemistry* 69(3):315-339.





EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA PARA RIEGO POR BOMBEO EN FRESA (*Fragaria vesca*) EN EL DR-014 RIO COLORADO, B.C. VERSUS FRESA (*Fragaria vesca*) IRRIGADA POR BOMBEO EN EL DR-085 CELAYA, GUANAJUATO

Ríos-Flores J.L.^{1*}; Márquez-Rodríguez M.A.¹; Marroquín-Verdugo J.A.¹; Santiago-Pérez F.¹; Vásquez-Velasco D.¹

¹Universidad Autónoma Chapingo – Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México.

*Autor responsable: j.rf2005@hotmail.com; Carretera Gómez Palacio – Cd. Juárez. Domicilio Conocido, Bermejillo, Durango, México. CP 35230; Tel. +01(872)-7760190 y 01(872)- 7760160.

Resumen

Actualmente, el uso del agua en los cultivos se ha convertido en un tema importante puesto que su disponibilidad y escasez es cada vez más impredecible, a esto se le suma el que la demanda de alimentos aumenta día con día. Para reducir los impactos del déficit de agua se debe producir más con menos agua. Debido a esto el análisis cuántico de la productividad física y económica toma importancia en el contexto productivo. Se evaluó en comparación la huella hídrica con una perspectiva económica del valor de agua en los cultivos de fresa en el DR-014 Río Colorado, Baja California y el DR-085 Celaya, Guanajuato, el cual nos sirve como indicador del uso del agua. Los resultados indicaron que en cuanto al uso de agua para riego por bombeo en términos tanto físicos como económicos la fresa en el DR-014 es mucho más eficiente que la fresa del DR-085, ya que un m³ de agua por bombeo produjo 14.91 kg, con una ganancia de \$208.48, y para producir \$1 de ingreso bruto la fresa demandó 4.8 litros de agua, mientras que por el otro lado la producción de la fresa en el DR-085 fue de 0.563 kg por m³, con una ganancia de \$4.30, y para producir \$1 de ingreso bruto la fresa requirió de 232.826 litros, esto quiere decir que el mismo cultivo es menos eficiente y productivo en DR-085 Celaya, Guanajuato que en DR-014 Río Colorado, Baja California.

Palabras clave

Fragaria vesca; eficiencia; productividad.

Introducción

El cultivo de la fresa en México es de gran importancia socioeconómica, por la gran cantidad de mano de obra que requiere en sus labores de cultivo y proceso de semi-industrialización, así como por la alta reutilización como producto de exportación (Rubio, 1982). En México este cultivo se inició a mediados del siglo pasado en el estado de Guanajuato. Sin embargo, no fue hasta 1950 que cobró mayor importancia por la creciente demanda de los EE.UU., originando que el cultivo de esta fruta se extendiera a Michoacán, pasando de cubrir las necesidades del mercado doméstico hasta ser el mayor productor de fresa a nivel nacional (Jiménez, 2008). La producción de fresa guarda un lugar importante a nivel nacional, pero también en el caso de



Baja California. En dicho sentido, en Baja California es de gran importancia la generación de empleo que se crea en la época de cosecha y las múltiples actividades que surgen en las empresas empackadoras, así como las inversiones que se crean en su producción. El cultivo de fresa en el estado de Guanajuato, depende totalmente del bombeo de agua del subsuelo y demanda una cantidad mínima de 15,000 m³ por hectárea por ciclo, con el riego convencional. Ante el grave abatimiento del acuífero, una opción importante para ahorrar agua, es cambiar a sistemas presurizados como el goteo. Sin embargo, hay reticencias a la adopción del goteo en el cultivo de fresa en el Bajío por las malas experiencias tenidas con este sistema por algunos productores, la falta de capital para dotar de la infraestructura requerida por el goteo y por desconocer si el goteo impacta positivamente en la productividad y calidad de la fresa (INIFAP, 2006).

El DR-014 Río Colorado, el cual comprende un área de 207 mil hectáreas; este Distrito se considera de mayor significancia productiva. La agricultura es 100% bajo riego del cual el 65% es de agua de gravedad y el 37% de aguas subterráneas, de 706 pozos profundos y la Zona Costa que comprende los municipios de Tecate, Tijuana, Rosarito y Ensenada; con 26 mil 9454 hectáreas bajo riego de bombeo.

De la zona Costa, sobresale la actividad agrícola de Ensenada y particularmente el Valle de San Quintín, éste y el Valle de Mexicali son los polos de desarrollo agrícola del Estado, pues concentran la mayor área cultivable, la mayor producción y las de mayor demanda de mano de obra. La actividad fresera demanda en promedio 355 jornales/ha. El Valle de San Quintín comprende 10 mil hectáreas de riego de origen de pozos profundos en un 100% (Fundación Produce Michoacán, 2003).

La fresa es una frutilla que se cultiva en 11 entidades, de las, tres son las que en los últimos años han concentrado superficie y producción. Así, encontramos que Michoacán, Guanajuato y Baja California, han contribuido con el 95 % tanto de la superficie sembrada y de la producción. El objetivo de este trabajo fue la evaluación de la eficiencia y productividad del agua para riego por bombeo en el cultivo de la fresa en el DR-085, Celaya, Guanajuato y el DR-014 Río Colorado.

Materiales y Métodos

Para el Distrito de Riego (DR) 014 Río Colorado (al cual corresponde el valle de San Quintín), Baja California se utilizaron datos de superficie cosechada, toneladas por hectárea, producción física anual, valor bruto de producción, rendimiento físico por hectárea, precios nominales, reportados por el Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP), para el Distrito de Riego (DR) 087 de Celaya, Guanajuato, se utilizaron las mismas variables (superficie cosechada, toneladas por hectárea, producción física anual, valor bruto de producción, rendimiento físico por hectárea, precios nominales) también reportados por el Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP, 2012).

Como segunda fuente de información, se obtuvieron las láminas de riego usuales para cada región de cada estado, la fuente fue del INIFAP (2011), “Necesidades hídricas Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo experimental Valle de Mexicali”; para la región de



Baja California, y para la región de Guanajuato se consultó la información del INIFAP (2011), "Tecnologías para sembrar viveros de fresa".

Variables evaluadas, delimitaciones y definiciones del estudio

Se evaluaron cuatro variables independientes del cultivo de fresa en los dos Distritos de Riego en el año agrícola 2012, las cuales fueron las siguientes:

a) Litros de agua usada en el riego necesarios para producir un kilogramo de producto (Y_1)

b) Gramos de producto físico producido por cada m^3 de agua usado en el riego (Y_2)

c) Litros de agua irrigados por cada \$1 de Ingreso bruto generado (Y_3)

d) Ingreso generado por cada m^3 de agua usado en el riego (Y_4)

El estudio se delimitó al cultivo de fresa (*Fragaria vesca*) irrigado con agua subterránea de bombeo tradicional "BT", la lámina de riego que se utilizó para Celaya fue reportada por INIFAP en su libro "Tecnologías para sembrar viveros de fresa" y lamina de riego para San Quintín reportada por INIFAP en su folleto "Necesidades hídricas de los principales cultivos en el estado de Baja California.

Las variables Y_1 y Y_3 son indicadores de eficiencia, mientras que Y_2 y Y_4 son indicadores de productividad, las variables antes señaladas se calcularon para el cultivo de fresa en ambos distritos de riego:

$$Y_1 = \frac{V}{RF} = \frac{10,000 LR}{RF}$$

$$Y_2 = \frac{1}{Y_1} = \frac{RF}{V} = 0.0001 \frac{RF}{LR}$$

$$Y_3 = \frac{V}{RM} = \frac{10,000 LR}{RM} = \frac{10,000 LR}{RF(Pr)}$$

$$Y_4 = \frac{1}{Y_3} = \frac{RM}{V} = \frac{0.0001 RM}{LR} = \frac{0.0001 RF (Pr)}{LR}$$

Dónde:

LR = Lámina de riego (m).

V = Volumen de agua utilizado (m^3) = $LR \cdot 10000$.



RF= Rendimiento físico por hectárea (ton/ha).

I= RM= Ingreso o rendimiento monetario por hectárea (en pesos de 2011).

Resultados y Discusión

Entorno macroeconómico de la eficiencia del agua y precio del agua en fresa en el DR-014 Rio Colorado, B.C. y DR-085 Celaya, Guanajuato en 2012.

Los cultivos de fresa (proveniente de irrigación por agua subterránea) en el DR-014 Rio Colorado y el DR-085 Celaya tuvieron muy diferente extensión, 2,140 ha y 43 ha respectivamente, siendo la superficie del DR-014 Rio Colorado una parte importante en la producción de fresa en Baja California, sus respectivas producciones anuales fueron 111,708 y 580.5 toneladas respectivamente. Sus precios/ton fueron en promedio/año, de \$13,978.6 y \$7,635.7 (Cuadro 1).

SIAP (2012), determinó que la fresa del DR-014 Rio Colorado con riego por bombeo, con una lámina de riego de tan solo 0.35 m, tuvo un rendimiento de 52.200 ton de fresa por ha y produjo

Cuadro 1: Superficie, producción, precios, Relación Beneficio Costo, agua subterránea usada por el cultivo de Fresa (*Fragaria vesca*) irrigado por Bombeo en el DR-014 Rio Colorado, B.C. versus Fresa (*Fragaria vesca*) irrigada por Bombeo en el DR-085 Celaya, Guanajuato, en 2012.

Variable macroeconómica	DR-014 Rio Colorado	DR-085 Celaya
Superficie cosechada (ha)	2,140.00	43.00
Producción anual (ton)	111,708.00	580.50
Ton/ha	52.200	13.50
Precio/ton	\$13,978.55	\$7,635.66
Ingreso/ha	\$729,680.31	\$103,081.41
Lámina neta de Riego (m)	0.35	2.4

Fuente: Elaboración propia, con base en cifras de superficie cosechada, producción anual, Valor Bruto de la Producción y Precio Medio Rural reportados por SIAP (2012); lámina de riego para Celaya reportados por INIFAP (2011) en su libro "Tecnologías para sembrar viveros de fresa" y lamina de riego para San Quintín reportados por INIFAP (2011) en su folleto "Necesidades hídricas de los principales cultivos en el estado de Baja California".

un ingreso bruto por hectárea de \$729,680.3, superior en un 607.86% a los \$103,081.4 de ingreso/ha producido por la fresa del DR-085 Celaya, el cual fue irrigado con una lámina de 2.4 m (Cuadro 1).



Eficiencia física del agua usada en el riego por bombeo en fresa.

Cuadro 2: Indicadores de la Huella hídrica mediante índices de eficiencia y productividad del agua de riego en el cultivo de Fresa (*Fragaria vesca*) irrigada por Bombeo en el DR-014 Rio Colorado, B.C. versus el cultivo de Fresa (*Fragaria vesca*) irrigada por Bombeo en el DR-085 Celaya, Guanajuato, Cifras monetarias en pesos nominales de 2012.

Tipo de índice	Variable	DR-014	DR-085
Eficiencia física	Y1= Litros de agua/Kg	67.05	1777.78
Productividad física	Y2= Kg/m ³ de agua	14.91	0.563
	Y3= Litros de agua por \$ 1 de ingreso		
Eficiencia económica	bruto	4.80	232.82
Productividad económica	Y4= Ingreso bruto por m ³ de agua	\$ 208.48	\$ 4.30

Fuente: Elaboración propia, con base en Cuadro 1.

Se determinó que la fresa irrigada por bombeo del DR-014 Rio Colorado, B.C y lamina de riego 0.35 m demandó 67.05 litros de agua para producir un kilogramo de fresa, mientras que en el DR-085 Celaya, Guanajuato, para producir ese mismo kg de producto físico, tuvo un consumo de agua de 1,777.78 litros (Cuadro 2).

Productividad física del agua usada en el riego por bombeo en fresa.

La variable Y₂ que evaluó los kg de fresa producidos por m³ de agua irrigada en 2012, se determinó que en el DR-014 Rio Colorado se produjo una productividad de 14.91 Kg de producto físico por m³ de agua mientras que en el DR-085 Celaya, Guanajuato se tuvo una productividad de 0.563 Kg/m³ de agua (Cuadro 2), lo que indica que con un m³ de agua en el DR-085 Celaya, produciría un 0.03 % de lo que se produce en el DR-014 Rio Colorado, es decir el DR-014 Rio Colorado produce 26.48 veces más con un mismo metro cúbico de agua.

Eficiencia y productividad económica del agua usada en el riego por bombeo en fresa.

Se determinó que la variable Y₄, que evaluó el ingreso bruto producido por m³ de agua irrigada en 2012, en el DR-014 Rio Colorado se tuvo una productividad económica de \$208.48 por m³ de agua mientras que en el DR-085 Celaya, Guanajuato se tuvo una productividad económica de \$4.30 por m³ de agua, (Cuadro 2), lo que permite inferir que el ingreso bruto/m³ de agua en fresa del DR-085 Celaya, representaría un 0.02% del ingreso que se genera en el DR-014 Rio Colorado con ese mismo metro cúbico de agua.

Para producir un peso de ingreso bruto, en el DR-014 Rio Colorado la fresa demandó 4.80 litros de agua mientras que la fresa en el DR-085 Celaya requirió de 232.82 litros de agua para producir el mismo peso de ingreso bruto (Cuadro 2). Lo anterior indica que la fresa del DR-085 Celaya demandó 46.5 veces más agua que la fresa en el DR-014 Rio Colorado para producir



un peso de ingreso bruto, es decir que la fresa en el DR-014 Rio Colorado, manifestó eficiencia económica al necesitar solamente el 0.02 % del agua que requiere la fresa en el DR-085 Celaya para producir el mismo peso de ingreso bruto.

Con base en los resultados obtenidos se recomienda la exploración y el empleo de tecnologías que permitan el ahorro en el uso del agua, y aunque el riego por bombeo es un sistema de riego que permite el ahorro y uso eficiente del agua, es necesario también un uso racional de este ya que el desperdicio en cada riego aun cuando sea por bombeo es demasiado, no es el adecuado, pues se riega por mucho tiempo aun cuando la planta no lo necesita.

Conclusiones

Según los objetivos planteados, estos fueron cumplidos por completo, pues de acuerdo al análisis que se llevaran a cabo se logró evaluar la eficiencia económica y física del agua así como la productividad económica y física del agua, a partir de variables macroeconómicas y la huella hídrica de la fresa irrigada por bombeo en San Quintín y Celaya, se reflejó claramente la diferencia del uso del agua, esta se ve reflejada en la producción. Por lo tanto se concluye que la fresa en el DR-014 Rio Colorado tuvo mayor eficiencia física y económica en comparación con la fresa del DR-085 Celaya, Guanajuato.

Bibliografía

- Fundación Produce Michoacán. 2003. Programa Nacional Estratégico de Necesidades de investigación y de Transferencia de Tecnología. Morelia, Michoacán, México. 37pp.
- INIFAP. 2006. Riego por goteo para la producción de fresa en Guanajuato. Ficha Tecnología Sistema –Producto San Luis de la Paz, Gto. 2pp.
- INIFAP. 2011. Tecnología para sembrar viveros de fresa. Primera edición. Celaya, Gto. México. 158pp.
- Jiménez, Yolanda. 2008. Integración de los Mercados Hortofrutícolas entre México y los Estados Unidos. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, B.C.
- Rubio Covarrubias Oswaldo A. 1982. Estudio preliminar de fertilización en fresa (fragaria x ananassa Duch) en la región de Irapuato, Gto. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- SIAP. 2012. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. . [En línea] Available at: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>





VERMICOMPOST COMO SUSTRATO ORGANICO EN EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE CHILE TAJIN (*Capsicum annuum* L.) DE RECIENTE INTRODUCCION A LA COMARCA LAGUNERA EN CONDICIONES DE INVERNADERO.

Ríos-Plaza, J.L.^{1*}; García-Hernández, J.L.²; Valdez-Cepeda, R.D.³; Troyo-Dieguez, E.⁴; Murillo-Amador, B.⁴; Estrada-Loera, R.M.⁵

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Doctorado Interinstitucional en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Agropecuarios. Gómez Palacio, Durango. México.

²Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Gómez Palacio, Durango. México.

³Universidad Autónoma Chapingo – Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zacatecas. México.

⁴Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste. La Paz, Baja California Sur. México.

⁵Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Gómez Palacio, Durango. México.

*Autor responsable: luis_garher@hotmail.com; Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo, Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, México.

Resumen

Con el objetivo de determinar el mejor sustrato orgánico para la producción de un cultivar de chile tipo Tajín en invernadero, se realizó un experimento durante el ciclo primavera-verano del 2012 en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Los tratamientos a evaluar fueron estiércol solarizado al 20%, vermicompost al 20%, gallinaza solarizada al 5% y un testigo a base de perlita al 20% y con nutrición a base de una solución preparada con elementos mayores y menores necesarios para el correcto desarrollo de las plantas, todos estos mezclados con arena previamente esterilizada que complementa el 100% de cada sustrato. Las variables evaluadas fueron altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm), número de hojas, número de frutos y el rendimiento en base a peso fresco de los frutos (gr), por planta. El número de frutos y el rendimiento fueron tomados en cada cosecha. El resto de las variables fueron evaluadas una vez por semana. Los resultados mostraron que el vermicompost tiene gran potencial en diferentes aspectos: 1) se aprovecha el estiércol como abono orgánico, disminuyendo así la cantidad de éste residuo proveniente de la actividad lechera, y ello es primordial en la Comarca Lagunera dada la cantidad de estiércol que se genera; 2) es eficiente como fuente de nutrientes asimilables para los cultivos, ya que presentó el mayor rendimiento en comparación con otros abonos orgánicos como el estiércol solarizado y la gallinaza además de los fertilizantes sintéticos utilizados para nutrir los cultivos en invernadero.

Palabras clave

Vermicompost; Estiércol Solarizado; *Capsicum annuum* L.



Introducción

El nombre chile proviene del náhuatl *chilli* y se aplica a numerosas variedades y formas de la planta herbácea o subarborescente anual del género *Capsicum* de la familia de las solanáceas. La especie *C. annuum* agrupa la gran mayoría de los tipos cultivados en México, entre los que destacan: ancho, serrano, jalapeño, morrón, mirasol, pasilla y mulato. La variabilidad del género *Capsicum* es extremadamente amplia. Aun así, la especie *C. annuum* presenta la mayor variabilidad en cuanto a tamaño, forma y color de los frutos, los cuales pueden variar de 1 a 30 cm de longitud, con formas alargadas, cónicas o redondas y cuerpos gruesos, delgados, macizos o aplanados (COVECA, 2011).

El chile Tajín es un tipo parecido al Chile Jalapeño. La planta es de altura media (45-60 cm), con frutos color verde, forma regular, punta redondeada, paredes gruesas y con una medida aproximada de 4 a 6 pulgadas de largo (www.growansemillas.com). En la escala de Schoville (grado de picor) se coloca entre las 1000-30000 unidades, es decir, tiene un grado variado de picor, que va desde un grado bajo a un grado intermedio.

Por otro lado, en las últimas décadas, el uso de abonos orgánicos en la agricultura a nivel nacional e internacional ha cobrado cada vez más importancia por diversas razones. Desde el punto de vista ecológico, se ha incrementado la preocupación por fomentar las prácticas agrícolas que armonicen con el cuidado del ambiente. El uso de abonos orgánicos ha demostrado potencial para mejorar las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y la sobreexplotación (Nieto *et al.*, 2002).

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en el ciclo Primavera-Verano del 2012, en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, localizada en el Km 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo. Se ubica geográficamente en el paralelo 25°46' 58" de latitud Norte y el meridiano 103° 20' 56" de longitud Oeste y a una altura de 1,110 metros sobre el nivel del mar. (López *et al.* 2010).

Germinación.

La semilla fue sembrada en charolas germinadoras de poliestireno con 200 cavidades. Como sustrato se utilizó una mezcla de turba vegetal (*peatmoss*) con perlita, en proporción de 1:1 (v:v). Manualmente se colocó una semilla en cada cavidad a una profundidad de 0.5 cm. Después de la emergencia las plántulas fueron regadas con agua potable en los primeros siete días y posteriormente con una solución nutritiva que contenía los siguientes elementos (en mg·L⁻¹): N = 100, P = 30, K = 150, Ca = 125, Mg = 30, S = 110, Fe = 1.5, B = 0.5, Mn = 0.5, Cu = 0.05 y Zn = 0.05. Ésta solución se mantuvo con una conductividad eléctrica menor a 2.5 dS/m y un pH entre 6 a 6.5.

Solarización de estiércol bovino y gallinaza.

La solarización de estiércol bovino y gallinaza se realizó en pilas de aproximadamente 1 Mg de estiércol cada una. El plástico utilizado fue de polietileno transparente de 30 micras de espesor. Las pilas quedaron completamente selladas de los bordes (Vázquez-Vázquez, *et al.* 2011).



Compostaje y vermicompostaje del estiércol previamente solarizado.

Para una rápida descomposición del estiércol bovino previamente solarizado, se utilizó la técnica de compostaje que propone la SAGARPA, el cual dio inicio el día 3 de septiembre del 2011 y concluyó el día 3 de octubre del 2011. Posteriormente se comenzó con el proceso de vermicompostaje, se utilizaron lombrices Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante un periodo de 4 meses que finalizó el día martes 3 de enero del 2012, fecha en la cual se comenzó con la separación de la lombriz del vermicompost terminado.

Preparación de los sustratos

Para la preparación de los sustratos previamente se esterilizó arena de río en tanques de 200 L. con agua y ácido sulfúrico para eliminar cualquier patógeno que pudieran encontrarse en la arena. Los sustratos quedaron conformados de la siguiente manera: E= Estiércol solarizado (20%) - Arena (80%), G= Gallinaza solarizada (5%) – Arena (95%), V= Vermicompost (20%) – Arena (80%), Test= Perlita (20%) – Arena (80%).

Trasplante.

El trasplante se realizó 50 días después de la siembra (dds). El invernadero en que se estableció fue de cubierta de plástico sin control climático. La temperatura máxima osciló de 24 a 39°C, la mínima de 8 a 15°C y la humedad relativa varió de 40 a 80 %. Como macetas se utilizaron bolsas de polietileno negro calibre 500 tipo vivero de 20 L. En el invernadero las macetas se colocaron en doble hilera de forma paralela a una distancia de 30 cm entre plantas, con 4 repeticiones por tratamiento. Previo al trasplante se regaron las macetas con 1 L. de agua (con pH 7.57 y clasificada como C3S1 (Moreno et al. 2008)).

Riego.

Las plantas que se encontraban en los 3 sustratos orgánicos fueron regados con 600 mL de agua cada tercer día hasta que la planta entro en floración, momento en el cual se aumentó a 1 L de agua al día, dividido en dos periodos de 500 mL por la mañana y 500 mL entre las 15:00 y las 17:00 H debido a las altas temperaturas registradas en la comarca lagunera en el año 2012, así como a las necesidades de agua de la planta por la floración y fructificación.

Por su parte el testigo fue regado con solución nutritiva Steiner (Favela-Chávez et al, 2006), igualmente al inicio con solo 600 mL y al entrar en floración con 1 L dividido en dos periodos de 500 mL cada uno.

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental estuvo constituida por cuatro plantas. El factor evaluado fue el sustrato: Estiércol solarizado (E), Gallinaza (G), Vermicompost (V) y Testigo (Test).

Variables a evaluar.

Desde la primera semana posterior al trasplante y por un periodo de 8 semanas, se midió la altura de planta (A), diámetro del tallo (DT), numero de hojas (NH), el largo (LH) y el ancho de hojas (AH). Al momento de la cosecha se tomaron las variables de número de frutos (NF) y peso fresco (PF) de los frutos.

Resultados y Discusión

Según lo muestra la Figura 1, el sustrato a base de vermicompost fue el que presentó mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas, obteniendo estas una mayor altura en comparación con el testigo y con los dos sustratos orgánicos restantes.

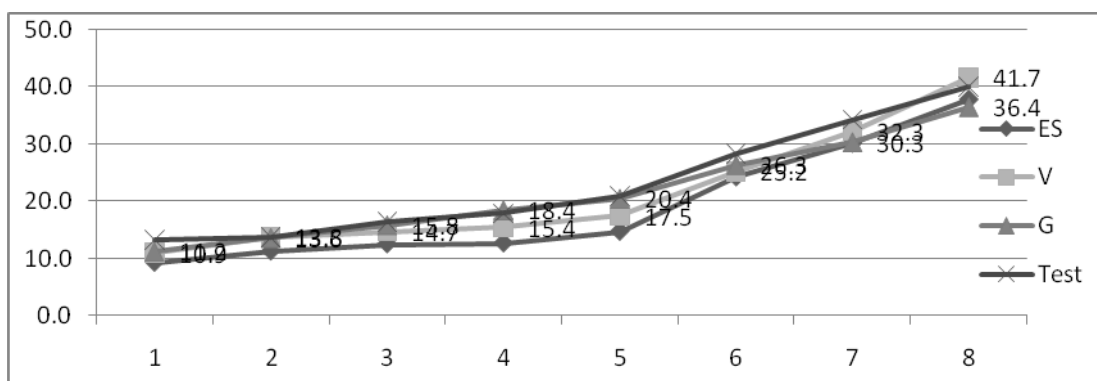


Figura 1. Altura de planta en cm.

Para la variable número de frutos en el genotipo de Chile Tajín, los sustratos demostraron tener aportes distintos para la fructificación, ya que al inicio, el sustrato que suponía ser el más adecuado para la producción de este genotipo fue el sustrato a base de gallinaza el que produjo más frutos por planta en la primera cosecha (en promedio 9.75); sin embargo, al final de las cuatro cosechas, fue el que obtuvo menor cantidad de frutos por planta (en promedio 6.5). Asimismo, el sustrato a base de vermicompost al inicio de las cosechas fue el que menos frutos por planta obtuvo (3.50 frutos por planta en promedio); sin embargo, produjo en promedio 13.8 frutos por planta en la tercera cosecha y un promedio de 121.1 frutos por planta en la última cosecha siendo que ningún otro sustrato sobrepasó los 10 frutos en ninguna de las 4 cosechas realizadas tal y como se muestra en la Figura 2.

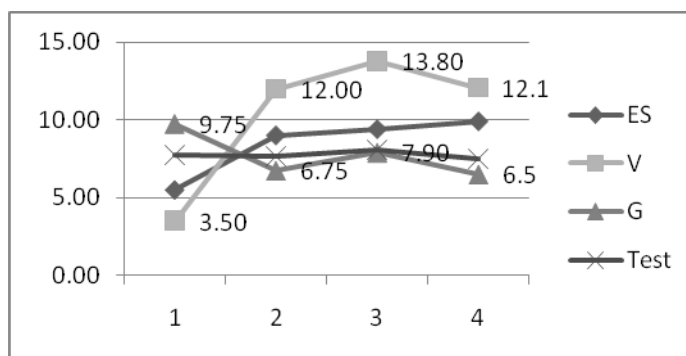


Figura 2. Numero de frutos por cosecha en promedio.

Sin duda la variable que más interesa a productores es la del rendimiento. En la Figura 3 se observa que el sustrato a base de vermicompost obtuvo el mejor rendimiento por hectárea (tha^{-1}) en comparación de los otros tres sustratos, obteniendo casi 2.5 t ha^{-1} más que el siguiente sustrato en orden de producción (ES). Sin embargo, se aprecia que los otros dos sustratos orgánicos también obtuvieron rendimientos superiores al testigo, lo que demuestra la



viabilidad de producción en sustratos orgánicos dentro de invernadero de este genotipo de chile criollo.

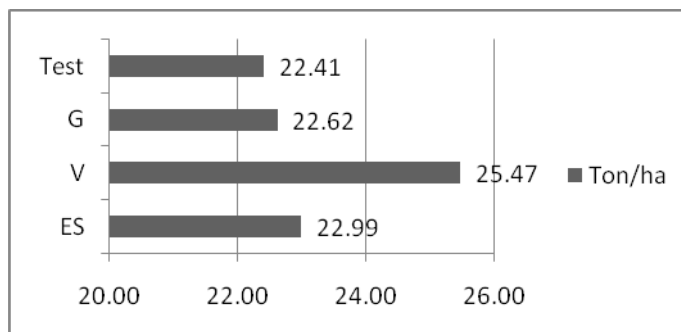


Figura 3. Rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de chile Tajín.

De acuerdo con Terry *et al.* (2010) la presencia de sustancias húmicas puede ejercer un papel importante en la fructificación, ya que facilita una mejor absorción de los nutrientes en la planta, debido a que presentan más estructuras carboxílicas capaces de quelatar a los metales, pudiendo influir en la estructura físico-química del protoplasma de las plantas, incrementando la permeabilidad de las membranas vegetales (Biopreparados, 2007), esto posibilitará un aumento de la entrada en la planta de NPK y otros microelementos presentes en el medio nutritivo del suelo.

Conclusiones

El sustrato a base de vermicompost demostró ser una opción altamente viable para la producción de Chile Tajín (*Capsicum annuum* L.) de reciente introducción a la Comarca Lagunera en condiciones de invernadero rustico, ya que se obtuvieron rendimientos arriba del 113% en comparación con el testigo. El contenido de ácidos húmicos, así como enzimas y fitohormonas dentro del vermicompost propició a que las plantas desarrolladas dentro del tratamiento a base de este abono orgánico tuvieran tanto crecimiento como rendimiento superior al estiércol solarizado y a la gallinaza solarizada. También mostró rendimientos muy superiores a las plantas del tratamiento testigo a base de nutrición química.

Bibliografía

- Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria (COVECA), 2011. Monografía del Chile. 31 p.
- López-Martínez, JD et al. Sistemas de labranza y fertilización en la producción de maíz forrajero. *Phyton* (B. Aires). 2010, vol. 79, n.1, pp. 47-54.
- Moreno Resendes, A., Gómez Fuentes, L., Cano Ríos, P., Martínez Cueto, V., Reyes Carrillo, J.L., Puente Manríquez, J.L., Rodríguez Dimas, N. 2008. Genotipos de tomate en mezclas de vermicompost: arena en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 26. pp. 103-109.
- Nieto-Garibay, A.; Murillo-Amador, B., Troyo-Díeguez, E., Larringa-Mayoral, J.A., García-Hernández, J.L. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de chile (*Capsicum annuum*, L) en zonas áridas. *Interciencia*. 27 (8): pp. 417-421.
- Terry Alfonso, E., Ruiz Padrón, J., Díaz de Armas, M.M. 2010. Respuesta del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicon* L.) a la aplicación foliar de un bioestimulante derivado del vermicompost. *Temas de Ciencia y Tecnología*. 41: 27-33.
- Vázquez Vázquez, C., Salazar Sosa, E., Fortis Hernández, M., Reyes Oliva, M.I., Zuñiga Tarango, R., Antonio González, J. 2010. Uso de cubiertas plásticas para solarización de estiércol bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1. pp. 619-625.





EL PORTAINJERTO DE MANZANO INFLUYE EN VIGOR Y EN LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN HOJA Y FRUTO

Romero-Domínguez, L.¹, Parra-Quezada, R.A.^{*2}, Jacobo-Cuellar, J.L.², Ojeda-Barrios, D.L.³, Salas-Salazar, N.², Guerreño-Prieto, V.M.² y Ruiz-Anchondo, T.³

¹Estudiante de posgrado, Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

²Catedrático Investigador, Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

³Catedrático Investigador, Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Chihuahua, Chihuahua, México.

*Autor responsable: raparra@uach.mx; Campus Universitario 1 Núm. S/N, Col. Universidad, Chihuahua, Chihuahua. México. CP 31100; Tel. +52(614)-439-15-00 Ext. 3148

Resumen

El portainjerto en manzano genéticamente controla las características de la variedad injertada como vigor, precocidad, eficiencia en el transporte de agua y nutrientes, tamaño y calidad de fruto. El objetivo de este trabajo desarrollado durante el año 2011, fue conocer el vigor y la concentración de nutrimentos en hoja y fruto en varios portainjertos para manzano. La plantación se estableció en el 2003 en La Capilla, Chihuahua, México; para evaluar 11 diferentes portainjertos, de diferente origen genético, injertados con la variedad Golden Delicious. Los materiales utilizados fueron PiAu 56-83, PiAu 51-4, EMLA.26, G.935, G.41, G.16, B.10, J-TE-H, PAJAM2, M.9T337 y B.9. Los resultados indican que los portainjetos más enanizantes fueron B.9, M.9T337, PAJAM2, B.10, G.41, J-TE-H, G.935 y G.16. Los portainjertos más vigorosos como PiAu 56-83 y PiAu 51-4, fueron los menos eficientes para el transporte de nutrientes hacia las hojas. El portainjerto G.16 presentó una alta concentración de N, P y K en hoja y fruto, mientras que G.41 destacó con alta concentración para Ca y Mg en hoja y fruto; M.9T337 presentó alta concentración para N, Ca y Zn en hoja y los portainjertos, PiAu 56-83 y PiAu-51-4 destacaron con alta concentración de K en hoja.

Palabras clave: Portainjerto, manzano, vigor.

Introducción

La producción de manzana (*Malus x sylvestris*(L.) var. *domestica* (Borkh) Mansf.) en México es de 630 mil toneladas al año, en una superficie plantada de 61,000 ha. El estado de Chihuahua produce el 74% de la manzana a nivel nacional, con un rendimiento promedio de 18.9 ton ha⁻¹. Las variedades cultivadas más comunes son Golden Delicious y Red Delicious con 58% y 25%, respectivamente (SIAP 2012).

El portainjerto, dedicado a soportar el injerto de una variedad comercial, es uno de los factores más importantes en el comportamiento de la huerta. Los portainjertos se clasifican por su origen en francos y clonales. Los francos provienen de semillas y presentan una alta variabilidad en el crecimiento y el comportamiento de la planta injertada, además son árboles muy vigorosos, tienen muy buen anclaje y se adaptan a diferentes tipos de suelo, se usan en



bajas densidades de plantación por su vigor. Son susceptibles a pudrición de cuello (*Phytophthora cactorum*), agalla de la corona (*Agrobacterium tumefaciens*), pulgón lanígero (*Erisoma lanigerum*) y tizón de fuego (*Erwinia amylovora*) (Parra *et al.*, 1994).

Los portainjertosclonales se obtienen mediante la propagación asexual por acodos en vivero o por micro propagación en el laboratorio, mantienen uniformidad, son producto del mejoramiento genético o de la selección directa de colecciones en el centro de origen, seleccionados por su tolerancia y resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a bajas temperaturas y sequía, bajo requerimiento de frío, control del vigor, adaptación a diferentes tipos de suelos y capacidad de absorber y traslocar nutrimentos (Forshey *et al.*, 1992; Wertheim, 1998; Kennedy *et al.*, 1980).

El análisis de contenido mineral foliar es utilizado para identificar las causas y diagnosticar desequilibrios. Es conveniente conocer el síntoma que produce la deficiencia de cada elemento para corregirlo, llevar el nutriente a un nivel adecuado y evitar problemas en cuanto a vigor, desarrollo, sanidad de la planta y calidad del producto cosechado. El análisis foliar permite determinar el estado nutricional de la planta y la absorción a nivel radicular; además, se pueden detectar interrelaciones entre las concentraciones de varios nutrientes en hojas, producción y calidad de frutos (Tagliavini *et al.*, 1992; Fallahi y Simons, 1996). Por lo antes indicado el objetivo del presente trabajo fue conocer el vigor que el portainjerto confiere a la parte aérea y la concentración de nutrimentos en hoja y fruto, en portainjertos clonales de manzano en el estado de Chihuahua.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en un huerto establecido en el año 2003 en La Capilla de los Remedios, Chihuahua, México. Se usó la variedad Golden Delicious injertada sobre 11 portainjertos clonales de diversos orígenes (B.9, B.10, M.9T337, EMLA26, G.16, G.935, G.41, J-TE-H, PiAu 56-83, PiAu 51-4, PAJAM2), con 4 repeticiones, portainjertos y repeticiones distribuidos en el lote experimental de manera aleatoria. Los árboles fueron plantados a una distancia de 2.5 x 4.5 m, con el sistema de conducción en eje vertical y riego por goteo superficial con emisores cada 60 cm, con un gasto de 1.78 l hr⁻¹. Se estableció un soporte con alambre para evitar daños en la unión del injerto y asegurar un buen anclaje de los árboles. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó un diseño completamente al azar, ANOVA paramétrico con homogeneidad de varianzas y comparación de medias por Tukey con 95% de confianza. Se usaron los programas de Sigma Plot versión 12.0 y el SAS 9.3 para dichos análisis. Las muestras foliares se tomaron en tres fechas (16 de Junio, 18 de Julio y 22 de Agosto del 2011, en este trabajo solo se presentan datos del 22 de agosto), de la parte media del árbol, de los brotes de crecimiento nuevo. Los elementos se determinaron mediante absorción atómica en el laboratorio de UNIFRUT. El vigor se determinó mediante el área de la sección transversal del tronco utilizando la fórmula $A = (C)^2 / 4\pi$; donde A=Área de la Sección Transversal del Tronco y C=Circunferencia del troco, y el volumen de copa aplicando la fórmula $V = \pi(a/2) \cdot (b/2) \cdot (h) \cdot (0.75)$; donde V=Volumen de copa, a=ancho de copa N-S, b=ancho de copa E-O, h=altura.

Resultados y Discusión

El portainjerto B.9 fue el más en anizante (Figura 1), apto para altas y muy altas densidades de plantación. Presentó altas concentraciones de Ca, Mg, Fe, Cu y Mn en el fruto (Cuadro 2), por lo tanto se espera una mayor firmeza y vida de anaquel del fruto. En hoja se observaron altas concentraciones para N y Mn (Cuadro 1). El portainjerto M.9T337 presentó buen vigor para altas densidades, así como altas concentraciones de N, Ca, y Zn en hoja y fruto; así como altas concentraciones de Fe y Mn en fruto; sin embargo el tamaño de fruto, al igual que para B.9, es bajo. El portainjerto B.10 destaca con alta concentración de Mg y B en hoja y P en fruto. El portainjerto G.41 presentó la concentración más alta de Mg, N, B y Cu en fruto. En hoja destacó en la concentración de Ca y P. Es uno de los portainjertos enanizantes que junto con B.9, M.9T337, B.10, G.16, J-T-EH se pueden utilizar para el diseño de huertos en altas densidades de plantación (Autio *et al.*, 2013; Marini *et al.*, 2014). El portainjerto G.16 presentó una alta concentración de N, P, K y Cu en hoja (Cuadro 1) y N, P y Zn en fruto (Cuadro 2). Los portainjertos PiAu 56-83 y PiAu 51-4 fueron los más vigorosos y solo se deben utilizar para diseñar huertos en medianas o altas densidades de plantación (Marini *et al.*, 2014). Estos portainjertos también obtuvieron los valores más bajos en la concentración de N, P y B en hoja, sin embargo se observó una alta concentración de K, tal vez por su gran capacidad de anclaje y exploración. Considerando las diferentes variables analizadas, los mejores portainjertos fueron G.41, M.9T337, B.9, G.16, B.10 y G.935 respectivamente, tanto en control del vigor, como en la concentración de nutrientes en hoja y fruto (Robinson *et al.*, 2011).

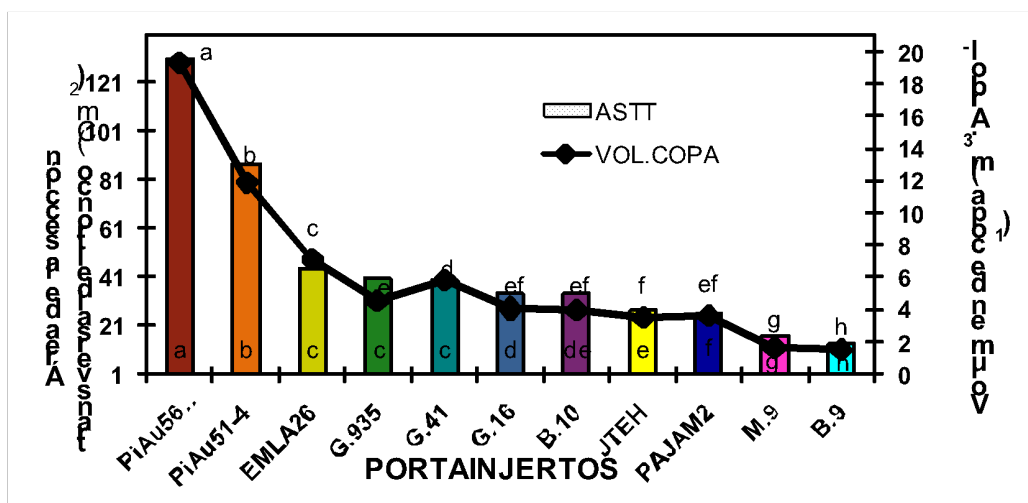


Figura 1. Área de la sección transversal del tronco (cm²) y volumen de copa (m³) en manzano Golden Delicious sobre diferentes portainjertos. Columnas y línea con misma letra son estadísticamente iguales entre sí ($\alpha \leq 0.05$).



Cuadro 1. Concentración de nutrimentos en hoja para macro y microelementos en manzano Golden Delicious injertado en diferentes portainjertos.

Portainjerto	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	B (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)
B.9	2.62	0.188	1.1	1.526	0.19b*	44.2ab	17b	52.5cd	3.25cd	92.3a
M.9T337	2.67	0.181	1.05	1.898	0.26ab	44.3ab	25a	59.0ab	5.25a	65.0abc
PAJAM2	2.57	0.184	1.45	1.919	0.27ab	41.5ab	20ab	54.5bc	5.5a	67.0abc
J-TE-H	2.58	0.186	1.35	1.744	0.25ab	40.6b	20ab	59ab	5.5a	59.5bc
B.10	2.47	0.194	1.08	1.755	0.28a	49.9ab	14c	46.3e	2.75d	73.5ab
G.16	2.64	0.203	1.35	1.619	0.23ab	39.0b	15c	55.8abc	6.5a	61.3abc
G.41	2.55	0.195	1.25	1.863	0.27a	51.7a	12c	47.5de	4.75b	39.8d
G.935	2.41	0.206	1.05	1.748	0.26ab	54.3a	13c	50.0de	4.5bc	37.0d
EMLA26	2.53	0.197	1.15	1.716	0.30a	45.8ab	14c	51.3cde	4.0c	56.8bc
PiAu 51-4	2.36	0.170	1.50	1.535	0.24ab	41.7ab	17b	75.3a	5.25ab	52.0c
PiAu 56-83	2.33	0.173	1.55	1.771	0.27a	40.5b	17b	55.8abc	4.5bc	53.0c

*Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 2. Concentración de nutrimentos en fruto para macro y microelementos en manzano Golden Delicious injertado en diferentes portainjertos.

Fruto (mg/100 g de peso fresco)										
Portainjerto	N	P	K	Ca	Mg	B	Zn	Fe	Cu	Mn
B.9	42.8	15	130.7	5.28	4.99	0.487	0.131	0.23	0.032	0.09a*
M.9T337	44.9	14	136.0	4.4	4.64	0.468	0.251	0.24	0.027	0.08ab
PAJAM2	39.6	12	130.7	3.96	4.64	0.500	0.136	0.21	0.027	0.08ab
J-TE-H	39.6	15	144.0	3.42	5.02	0.552	0.120	0.21	0.027	0.07ab
B.10	41.7	15	128.0	3.87	4.69	0.781	0.091	0.23	0.027	0.07ab
G.16	49.2	16	120.0	3.78	4.61	0.699	0.219	0.21	0.029	0.07ab
G.41	49.2	13	128.0	3.61	5.19	0.979	0.165	0.18	0.035	0.06ab
G.935	43.9	13	125.3	3.87	4.87	1.073	0.128	0.17	0.032	0.06ab
EMLA26	39.6	12	125.3	4.40	4.87	0.580	0.136	0.21	0.029	0.07ab
PiAu 51-4	38.5	11	141.3	3.26	4.52	0.783	0.107	0.20	0.029	0.06b
PiAu 56-83	37.5	14	122.7	3.42	4.64	0.593	0.141	0.18	0.024	0.06b

*Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha \leq 0.05$).

Conclusiones

Los portainjertos más vigorosos como PiAu 56-83 y PiAu 51-4, fueron los menos eficientes para el transporte de nutrientes hacia las hojas. El portainjerto G.16 presentó una alta concentración de N, P y K en hoja y fruto, mientras que G.41 destacó con alta concentración para Ca y Mg en hoja y fruto; M.9T337 presentó alta concentración para N, Ca y Zn en hoja y los portainjertos, PiAu 56-83 y PiAu-51-4 destacaron con alta concentración de K en hoja.

Bibliografía

- Autio, W., T. Robinson, D. Archibold, W. Cowgill, C. Hampson, R. Parra-Quezada and D. Wolfe. 2013. Gala apple trees on Supporter 4, P.14 and different strains of B.9, M.9 and M.26 rootstocks: Final 10-year report on the 2002 NC-140 apple rootstocks trial. J. Amer. Pomo. Soc. 67(2):62-71.
- Fallahi, E. y B.R. Simons.1996. Interrelations among leaf and fruit mineral nutrients and fruit quality in delicious apples. Journal of Tree Fruit Production 1(1):15-25.



- Forshey, C.G, D.C. Elfving, y R.L. Stebbins. 1992. Training and pruning apples and pear trees. Amer. Soc. Hort. Sci., Alexandria, Virginia, USA. 166p.
- Kennedy, A.J., R.W. Rowe, T.J. Samuelson. 1980. The effect of apple rootstock genotypes on mineral content of scion leaves. Euphytica 29:477-482.
- Marini, R. M., B. Black, R.M. Crassweller, P.A. Domoto, C. Hampson, R. Moran, T. Robinson, M. Stasiak and D. Wolfe. 2014. Performance of Golden Delicious Apple on 23 rootstocks at eight locations: a ten-year summary of the 2003 NC-140 dwarf rootstock trial. J. Amer. Pomo. Soc. 68(2):54-68.
- Parra Q., R. A. y V. M. Guerrero P. 1994. Influencia de portainjertos clonales para manzana sobre adaptación, dimensiones y producción del árbol. Folleto científico No. 2 CESICH, CIRNOC, INIFAP, 21 p.
- Robinson, T.L., G. Fazio., S. Hoying., M. Miranda., and K. Lungerman. 2011. Geneva Apple Rootstock Performance in New York State and Progress in Commercialization. Compact FruitTree, 44(3):22-29.
- Siap, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en <http://www.siap.gob.mx>. (Febrero 2012).
- Tagliavini, M., D. Scudellari, B. Marangoni, A. Bastianel, F. Franzin and M. Zamborlini. 1992. Leaf mineral composition of apple tree: Sampling date and effects of cultivar and rootstocks. J. of Plant Nutrition 15:605-619.
- Wertheim, S. J. 1998. Rootstocks guide: apples, pears, cherries, European plum. Fruit Researcher Station. Wilhelminadorp. The Netherlands. 144 p.





INOCULACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA's) Y BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL (PGPR's) EN EL RENDIMIENTO DE FRESA.

Serret-López, M.^{1*}; Espinosa-Victoria, D.¹; Gómez-Rodríguez, O.²; Delgadillo-Martínez, J.²; Calderón-Zavala G.³

¹Colegio de Postgraduados. Postgrado en Fitosanidad-Fitopatología. Texcoco, Edo. de México.

²Colegio de Postgraduados. Postgrado en Edafología. Texcoco, Edo. de México.

³Colegio de Postgraduados. Postgrado en Fruticultura. Texcoco, Edo. de México.

*Autor responsable: serret1702@hotmail.com; Calle Diego Rivera, No.19, Col. Emiliano Zapata. Texcoco, Edo. de México, México. CP 56230; Tel. +52(95)-4-28-68.

Resumen

Los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA's) forman una relación simbiótico-mutualista con la mayoría de las plantas vasculares, favoreciendo un mayor sistema radical. Por otra parte, las Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR's) realizan muchos procesos relevantes en el ecosistema, ya que modifican el ciclo de nutrientes y calidad del suelo. La fresa (*Fragaria annanasa* Duch.) es un cultivo de gran importancia para México, por su delicioso sabor y por la mano de obra que demanda. Sin embargo, el abuso en la aplicación de productos químicos ha ocasionado la degradación de los suelos, contaminación del ambiente y daños a la salud humana. Esto ha llevado a buscar alternativas biológicas que sustituyan en forma gradual la aplicación de estos, por lo tanto, el objetivo general este trabajo fue evaluar la premicorrización con HMA e inoculación con PGPR's. en el rendimiento de tres variedades fresa ("CP Jacona", "CP zamorana" y "Festival"). Se inocularon 10 g de esporas del consorcio *Glomus* Zac-19 y una concentración de 10^8 ufc/ml de PGPR's por tratamiento. La inoculación se realizó ocho días después del transplante y 123 días después de ésta, se evaluaron las siguientes variables: rendimiento, grados brix, área foliar, peso seco de la parte área, y colonización micorrízica. El número de estolones se cuantificó a los 237 días después del transplante. La variedad "Zamorana" sin inocular, mostró mayor peso del fruto, así como longitud y diámetro, estas últimas variables junto con la variedad "Jacona" inoculada con HMA. En cuanto a grados brix, no se observaron diferencias significativas entre las tres variedades, así como entre plantas inoculadas y sin inocular. En plantas de la variedad "Festival" y "Zamorana" inoculadas con HMA+ PGPR's se observó la mayor área foliar y peso seco de la parte aérea. Finalmente en la variedad "Zamorana" se obtuvo el mayor porcentaje de colonización micorrízica, predominando las vesículas y esporas.

Palabras clave

Fresa, Endomicorriza, Simbiosis micorrízica, Consorcio.



Introducción

La fresa (*Fragaria x annanassa* Duch.) es una planta perteneciente a la familia Rosácea y es considerada fruta de placer por excelencia. Se destaca por su contenido de vitamina C, taninos, flavonoides, antocianinas, catequina, quercetina, kaempferol y ácidos orgánicos (Argelys, 2012). Para México el cultivo de la fresa es de gran importancia socioeconómica por su fuerte demanda de mano de obra y porque genera una elevada proporción de los ingresos por divisas que el país obtiene a través de las exportaciones frutícolas (Sánchez, 2008). El principal estado productor de fresa en México es Michoacán, con una superficie sembrada de 6,418 has siguiéndole Baja California con 2,022 has (SIAP, 2013). En la región de Zamora, Michoacán, las variedades que más se cultivan son “Festival” con el 32% de la superficie total, “Camino Real” con el 28% y “Aromas” con el 20%; en la zona Norte-Centro las variedades “Camino Real”, “Camarosa” y “Festival” cubrieron el 97% de la superficie total (Sánchez, 2008). Los HMA pertenecen al *Phylum* Glomeromycota, son importantes miembros de la rizósfera (Vestberg *et al.* 2004) y forman una relación simbiótico-mutualista con las raíces de la mayoría de las plantas terrestres (Marschner y Dell, 1994), ejercen efectos benéficos en la raíz, en términos de crecimiento, producción de un mayor sistema radical y son capaces de reducir las enfermedades causadas por diferentes patógenos de las plantas (Taylor y Harrier, 2001), los más estudiados son *Glomus* spp., especialmente *G. intraradices* y *G. mosseae*, contra patógenos como son *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Cylindrocarpon destructans*, y *Phytophthora* spp. (Bending *et al.* 2006). Por otra parte, las Bacterias Promotoras del Crecimiento (PGPR) producen sustancias que incrementan el crecimiento de las plantas y las protegen contra patógenos de la raíz (Glick, 1995). Este grupo comprende, por ejemplo, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas* y *Streptomyces* (Barea *et al.* 2002). Matsubara *et al.* (2009) mencionan que el uso de HMA puede ser una alternativa al uso de altas cantidades de fertilizantes y plaguicidas en sistemas de producción de cultivos sustentables, por consiguiente, el objetivo general este trabajo fue evaluar la premicorrización con HMA y PGPR's. y su efecto en el rendimiento, área foliar y peso seco en tres variedades de fresa (Jacona, Zamorana y Festival).

Materiales y Métodos

Se inoculó el consorcio micorrízico Zac-19, formado por las especies de *Rhizophagus intraradices*, *Rhizophagus claoideum*, *Rhizophagus diaphanum* y *Rhizophagus albidum*, y las PGPR's *Pseudomonas tolaasii*, *Bacillus pumilus*, y *Paenibacillus* sp. La inoculación con estos microorganismos se realizó ocho días después del trasplante, aplicando 10 g de suelo que contenía aproximadamente 250 esporas, hifas y fragmentos de raíces de sorgo colonizadas en un 65.5 %, y una concentración de PGPR's de 10^8 ufc/ml. Una vez alcanzada la madurez fisiológica de los frutos de fresa, se procedió a evaluar el rendimiento y colonización micorrízica, y terminada la época de cosecha, se evaluó; área foliar, peso seco de la parte aérea y número de estolones.

Ubicación del sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en un invernadero no climatizado, ubicado en el campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, Estado de México: 19°30' LN, 98°53' LO, 2250 msnm. La unidad experimental consistió en una planta en cada maceta de 32X33 cm², utilizando peatmoss, agrolita y vermicomposta, en proporción 4:4:2, como sustrato.

Material biológico



Las variedades de fresa, “CP Zamorana (CP 02-01)”, “CP Jacona (CP 02-04)”, y la variedad extranjera Festival fueron donadas por el Postgrado de Fruticultura del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Las especies de *Rhizophagus intraradices*, *Rhizophagus claoideum*, *Rhizophagus diaphanum* y *Rhizophagus albidum*, pertenecientes al consorcio micorrízico Zac-19, y PGPR's constituido por las bacterias; *Pseudomonas tolaasii*, *Bacillus pumilus*, y *Paenibacillus* sp. fueron proporcionadas por el área de Microbiología, del Postgrado de Edafología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

Tratamientos

Los tratamientos fueron los siguientes: (1) Plantas de la variedad “CP Jacona” sin inocular, (2) Plantas de la variedad “CP Jacona” inoculadas con PGPR's, (3) Plantas de la variedad “CP Jacona” inoculadas con HMA, (4) Plantas de la variedad “CP Jacona” inoculadas con HMA+ PGPR's, (5) Plantas de la variedad “CP Zamorana” sin inocular, (6) Plantas de la variedad “CP Zamorana” inoculadas con PGPR's, (7) Plantas de la variedad “CP Zamorana” inoculadas con HMA, (8) Plantas de la variedad “CP Zamorana” inoculadas con HMA+ PGPR's, (9) Plantas de la variedad “Festival” sin inocular, (10) Plantas de la variedad “Festival” inoculadas con PGPR's, (11) Plantas de la variedad “Festival” inoculadas con HMA y (12) Plantas de la variedad “Festival” inoculadas con HMA+ PGPR's.

Evaluación postcosecha

Los frutos se cosecharon cuando alcanzaron su madurez fisiológica (128 días después del transplante). Se realizaron nueve cosechas, evaluando el contenido total de azúcares con ayuda de un refractómetro, peso y diámetro del fruto, con ayuda de un vernier. Para el análisis estadístico de estas variables se utilizaron los datos obtenidos de la séptima cosecha.

Área foliar y peso seco de la parte aérea.

El área foliar se evaluó mediante escáner, usando un método destructivo descrito por Lallana (1999). Para la determinación del peso seco de la parte aérea, las muestras permanecieron en la estufa a 70°C por tres días.

Colonización micorrízica y número de estolones

La colonización micorrízica arbuscular se determinó en las raíces de las plantas madre, siguiendo el método de clareo y tinción de raíces de Phillips y Hayman (1970), y la frecuencia de la colonización se determinó con base en el método de Biermann y Linderman (1981) expresada en porcentaje. A los 237 días después de establecer el experimento, se cuantificó el número de estolones.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, considerando 12 tratamientos (incluyendo el testigo) con tres repeticiones cada uno.

Resultados y Discusión

Evaluación postcosecha

El mayor peso del fruto (Cuadro 1) se obtuvo en el tratamiento plantas de la variedad “CP zamorana” sin inocular (10.14 g). Esta variedad es reconocida por ser altamente productiva y por presentar frutos grandes de calidad y firmeza superior (Calderón y Vega, 2009). El menor peso fruto se observó en Plantas de la variedad “Festival” sin inocular (2.64 g). La mayor longitud del fruto se observó en plantas de la variedad “CP Jacona” inoculadas con HMA (33.33 mm), esta variedad se caracteriza por tener fruto grande y firme (Calderón y Vega, 2009). No obstante, la menor longitud se registró en plantas de esta variedad, inoculadas con



HMA+PGPR's (20.66 mm). Cabe recalcar que estos datos corresponden únicamente a la cosecha número siete, en la que se observaron frutos roídos en plantas inoculadas con este tratamiento, lo que muy probablemente alteró estos resultados. Las Plantas de la variedad "CP Jacona" inoculadas con HMA (25.33 mm) y las plantas de la variedad "CP Zamorana" inoculadas con PGPR's (25.33 mm) presentaron mayor diámetro del fruto, contrastando a las plantas de la variedad "Festival" sin inocular (15.00 mm). En grados brix no hubo diferencia significativa entre tratamientos.

Cuadro 1. Peso, longitud, diámetro y grados brix de frutos de fresa obtenidos en la séptima cosecha de tres variedades ("CP Jacona", "CP Zamorana" y "Festival") inoculadas con HMA y PGPR's

Tratamiento	Peso (g)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Grados brix
"CP Jacona" sin inocular	9ab	32.00ab	24.00ab	8.66a
"CP Jacona" inoculada con PGPR's	7.28bdc	24.33abc	24.33ab	10.66a
"CP Jacona" inoculada con HMA	9.10ab	33.33a	25.33a	10.66a
"CP Jacona" inoculada con HMA+PGPR's	3.77fg	20.66c	19.00ab	12.33a
"CP Zamorana" sin inocular	10.14a [†]	31.66ab	23.66ab	8.33a
"CP Zamorana" inoculada con PGPR's	8.48abc	29.00abc	25.33a	10.66a
"CP Zamorana" inoculada con HMA	5.54def	24.66abc	18.33ab	12.33a
"CP Zamorana" inoculada con HMA+PGPR's	6.85bcde	25.00abc	21.66ab	10.0a
"Festival" sin inocular	2.64g	22.33bc	15.00b	10.33a
"Festival" inoculada con PGPR's	3.33fg	23.66abc	17.66ab	9.33a
"Festival" inoculada con HMA	5.81cdef	27abc	20.66ab	9.00a
"Festival" inoculada con HMA+PGPR's	4.0733efg	25.66abc	19.66ab	10.33a

[†]Valores con letras idénticas en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey $\alpha=0.05$).

Área foliar y Peso seco de la parte aérea

En lo referente al área foliar, el dato mayor se observó en plantas de la variedad "Festival" inoculadas con HMA+ PGPR's (1590.1 cm²) y la menor se observó en plantas de la variedad "Festival" sin inocular (1005.5 cm²) y plantas de la variedad "Festival" inoculadas con PGPR's (1005.8 cm²), el mayor peso seco se registró en plantas de la variedad "CP Zamorana" inoculadas con HMA+ PGPR's (30.23 cm²), y el menor se registró en plantas de la variedad "CP Jacona" sin inocular (15.97 cm²), plantas de la variedad "CP Zamorana" inoculadas con PGPR's (10.54b) y plantas de la misma variedad inoculadas con HMA (14.63) (Cuadro 2).

Colonización micorrízica y número de estolones

Plantas de la variedad "CP Zamorana" fueron colonizadas más eficientemente que las plantas las plantas de la variedad "Festival" (Cuadro 3).



Cuadro 2. Área foliar y peso seco de la parte aérea de plantas de tres variedades de fresa (“CP Jacona”, “CP Zamorana” y “Festival”) inoculadas con HMA y PGPR’s

Tratamiento	Área foliar (cm ²)	Peso seco de la parte aérea (g)
“CP Jacona” sin inocular	1017.0ab	15.97b
“CP Jacona” inoculada con PGPR’s	1393.0ab	18.51ab
“CP Jacona” inoculada con HMA	1099.6ab	22.56ab
“CP Jacona” inoculada con HMA+PGPR’s	1383.2ab	22.28ab
“CP Zamorana” sin inocular	1211.0ab	18.28ab
“CP Zamorana” inoculada con PGPR’s	1205.9ab	10.54b
“CP Zamorana” inoculada con HMA	1250.8ab	14.63b
“CP Zamorana” inoculada con HMA+PGPR’s	1362.3ab	30.23a
“Festival” sin inocular	1005.5b [‡]	21.81ab
“Festival” inoculada con PGPR’s	1005.8b	16.02b
“Festival” inoculada con HMA	1340.3ab	22.67ab
“Festival” inoculada con HMA+ PGPR’s	1590.1a	30.16a

[‡]Valores con letras idénticas en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey $\alpha=0.05$).

Cuadro 3. Colonización micorrízica de las raíces de tres variedades de fresa (“CP Jacona”, “CP Zamorana” y “Festival”) inoculadas con HMA y PGPR’s

Tratamiento	Porcentaje de colonización (%)
“CP Jacona” inoculada con HMA	17.78
“CP Jacona” inoculada con HMA+PGPR’s	21.67
“CP Zamorana” inoculada con HMA	41.67
“CP Zamorana” inoculada con HMA+PGPR’s	55.00
“Festival” inoculada con HMA	11.25
“Festival” inoculada con HMA+PGPR’s	11.67

Se observó mayor número de estolones en plantas inoculadas con HMA, en todos los tratamientos. Esto coincide con resultados obtenidos por Alarcón *et al.* (2001), donde menciona que en plantas de fresa micropropagadas, la inoculación con HMA favoreció la aparición temprana y aumento en el número de estolones en comparación con plantas madre no inoculadas (Cuadro 4), además, Mark y Cassells (1996) reportaron que el número de estolones en *Fragaria vesca* se incrementó por la inoculación con *Glomus fistulosum*.



Cuadro 4. Estolones producidos por tres variedades de fresa (“CP Jacona”, “CP Zamorana” y “Festival”) inoculadas con HMA y PGPR’s

	“CP Jacona”	“CP Zamorana”	Festival
Sin inoculación	1	0	2
Inoculación con PGPR’s	4	6	7
Inoculación con HMA	2	2	6
Inoculación con HMA+PGPR’s	2	0	4

Conclusiones

La inoculación con HMA y PGPR’s no influyó en el rendimiento de las tres variedades evaluadas, ya que los resultados más altos se observaron en “CP Zamorana” sin inocular. Sin embargo, la inoculación tuvo efecto en la longitud y diámetro del fruto, en el área foliar y peso seco de la parte aérea. En plantas inoculadas con HMA y PGPR’s se observó mayor número de estolones. Esto puede ser de utilidad para el productor, ya que con el uso de estos microorganismos es posible aumentar la producción de plantas hijas.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo en el financiamiento del proyecto.

Bibliografía

- Alarcón A., R. Ferrera-Cerrato, M.C. Gonzáles-Chávez y A.Villegas-Monter. 2001. Hongos micorrízicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa cv.Fern obtenidas por cultivo *in vitro*.Terra 18:3-8
- Argelys K., D.2012. Revisión bibliográfica. Mejora genética de la fresa (*Fragaria ananassa Duch.*) a través de métodos biotecnológicos. Cultivos Tropicales. Volumen 33(3): 34-41.
- Barea J.M, Azcón R, Azcón-Aguilar, C. 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. Antonie van Leeuwenhoek 81: 343–351.
- Bending GD, Aspray TJ, Whipps J. M .2006. Significance of Microbial Interactions in the Mycorrhizosphere. Advances in applied microbiology.Volume 60.
- Biermann, B. y R.G. Linderman. 1981. Quantifying vesiculararbuscular mycorrhizae: A proposed method towards standardization. New Phytol. 97: 63-67.
- Calderón, Z.G y R. Vega del R. 2009. Variedades Mexicanas y Cultivares Comerciales Extranjeros de Fresa. II Simposium Nacional de Producción Forzada de Frutales y I Curso Nacional de Producción Forzada de Durazno y Frutillas. Colegio dePostgraduados. México, 147 p.
- Casierra-Posada F., G.R. Peña Z., J.E.Peña-Olmo. 2007. Estimación indirecta del área foliar en *Fragaria vesca* L., *Physalis peruviana* L., *Acca sellowiana* (Berg.)Burret, *Rubus glaucus* L., *Assiflora mollissima* (Kunth) L. H. Bailey y *Ficus carica* L. Revista U.D.C. A Actualidad ⁶ Divulgación científica 11(1):95-102
- Chamizo, A., R. Ferrera-Cerrat y L. Varela. 1998. Identificación de especies de un consorcio del género Glomus. Revista Mexicana de Micología 14:37-40.
- Glick B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Can. J. Microbiol. 41: 109–117.
- Lallana, V.H. 1999. Medición del área foliar mediante escáner y software IDRISI. Revista FAVE 13(2):27-33.
- Mark G. L, A. C Cassells 1996 Genotype-dependence in the interaction between Glomus fistulosum, Phytophthora fragariae and the wild strawberry (Fragaria vesca). Plant Soil 185:233–239.
- Marschner H, Dell B.1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil 8:118-124
- Matsubara Li., T. Okada T. and M. Mayal A. 2012. Factor on Induced Systemic Disease Resistance in Mycorrhizal Strawberry Plants.ActHort.Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University, Gifu, Japan.: 501-1193



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
“Suelos sin fronteras para impulsar a México”



- Phillips, J.M. y D.S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55: 158-161.
- Sánchez R., G. 2008. La red de valor fresa: Sistema de inteligencia de mercados. Fundación Produce Michoacán. 145 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) disponible en http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=197 consultado el 05 de marzo del 2013.
- Taylor, J. and L. A. Harrier. 2001. A comparasion of development and mineral nutrition of micropropagated *Fragraria X ananassa* cv. Elvira (strawberry when colonized by nine species of arbuscular mycorrhizal fungi). Elsevier Science. *Applied Soil Ecology* 18:205-215.
- Venketeshwer R, Snyder A. D. 2010. Raspberries and human health: a review. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 58:3871–3883





SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO RADICULAR Y AÉREO DE *Laelia anceps* subesp. *anceps*

Tejeda-Sartorius, O.^{1*}; Trejo-Téllez, L. I.¹; Martínez-Rodríguez, G.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, Chapingo, México

*Autora responsable: olgats@colpos.mx; km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 56230; Tel +52 (595) 95 20200 ext. 1120.

Resumen

Se analizó el efecto de diferentes diámetros de sustratos, la fertilización mineral al riego y foliar, y la combinación de ambos tipos de fertilización, en el crecimiento radicular y aéreo de *Laelia anceps* sub esp. *anceps*. Se estableció un experimento factorial 2 x 3 con ocho repeticiones. El primer factor de estudio fue el diámetro de partícula de los componentes del sustrato: corteza de pino (CP) y perlita (P); con dos niveles: partícula mayor (P_{Ma}; CP 13 mm; P 6 mm), y partícula menor (P_{Me}; CP 4 mm; P 2 mm). El segundo factor fue la forma de fertilización, con tres niveles: riego (FR), foliar (FF) y riego + foliar (FR + FF). Se evaluó el número, longitud y volumen de raíces; así como el número de hojas y pseudobulbos, y el área foliar. Los resultados mostraron que la FR + P_{Me} aumentó el número de raíces ($P \leq 0.05$) y la FR + P_{Ma} su longitud ($P \leq 0.05$). Mientras que la FR + FF aumentó significativamente el volumen radical. Asimismo, los tratamientos no mostraron diferencias significativas en el crecimiento de hojas y pseudobulbos, si bien, la FR + P_{Ma} incrementó ($P \leq 0.05$) el área foliar. De los resultados obtenidos, se concluye que la fertilización al riego es más eficiente para el crecimiento radical y aéreo de *L. anceps* sub esp. *anceps*, que la fertilización foliar. El complemento de la fertilización al riego con la foliar aplicado en un sustrato con partícula equivalente a 13 mm, disminuye el crecimiento de las variables estudiadas.

Palabras clave

Orquídeas; fertilización; sustratos

Introducción

En orquídeas, la aplicación foliar de nutrimentos es común a nivel comercial, argumentándose que algunos micronutrimentos son absorbidos a través de los estomas de las hojas, pero los estudios para demostrar su efectividad son limitados (Grossmann, 2010).

Recientemente se ha demostrado que el velamen de las raíces de orquídeas cumple una importante función en la asimilación de nutrimentos en un hábitat epifítico, pero otros aspectos deben aún estudiarse (Zotz y Winkler, 2013).

En la práctica comercial, el manejo de la zona radicular de orquídeas en maceta, puede ser uno de los aspectos más críticos para el crecimiento y la salud de estas plantas (Wang *et al.*, 2005), de tal manera que el desarrollo de la parte aérea refleja, en buena medida, el estado de salud de sus raíces. Y se debe tener en cuenta que un exceso en la concentración de sales minerales durante la fertilización puede provocar quemaduras, tanto en los ápices de las raíces, como de las hojas y disminuir el crecimiento de la planta (Jones, 2010).



Las orquídeas epífitas por lo general, necesitan un sustrato con partículas gruesas (principalmente plantas con raíces grandes y gruesas), buena porosidad, bien drenados y con cierta capacidad de retención de humedad y nutrimentos, estabilidad y peso apropiado de los componentes para soportar el tamaño de las plantas. En cambio, plantas jóvenes y/o con raíces finas, requieren sustratos más finos, etc. (Slump, 2004; Wang *et al.*, 2005). El componente principal de un sustrato de orquídeas, al menos a nivel comercial, es la corteza de pino, pero componentes como perlita, sphagnum peet, sphagnum moss, perlita, fibra de coco, entre otros, son actualmente incluidos en la mezcla para mejorar su crecimiento (Wang *et al.*, 2005), pero es necesario determinar la combinación óptima de la mezcla según la especie cultivada.

Amberger-Ochsenbauer (2010) probó diferentes medios (fibra de coco, peet en tamaño grueso y en fibras, fibras gruesas de madera, cascarilla de coco, sphagnum moss), en *Phalaenopsis* 'Pauline' y reportó buena calidad en el desarrollo de las plantas con todas las mezclas usadas, pero dichas mezclas tuvieron diferentes efectos en las características de floración analizadas. En *L. anceps* subesp. *anceps*, con raíces más delgadas que las de *Phalaenopsis*, hemos encontrado que tamaños gruesos de corteza de pino (≥ 2 cm), no permiten un buen crecimiento y afectan la estabilidad de la planta en el contenedor.

El objetivo del experimento fue analizar el efecto del sustrato, la fertilización mineral al riego y la fertilización foliar, así como la combinación de ambos tipos de fertilización en el crecimiento radicular y aéreo de *Laelia anceps* subesp. *anceps*.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en condiciones de invernadero en el Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados. Se utilizaron plantas de *Laelia anceps* subesp. *anceps* en etapa juvenil (3 años).

Se estableció un experimento factorial 2 x 3, resultando seis tratamientos, mismos que fueron distribuidos completamente al azar con ocho repeticiones. El primer factor de estudio fue el tamaño de partícula de los componentes del sustrato con dos niveles. El segundo factor fue la fertilización con tres niveles (Cuadro 1).

Cuadro 1. Factores y niveles de estudio.

Factor de estudio	Tamaño de partícula	Forma de fertilización
Niveles	Partícula mayor (PMa). CP 13 mm; P 6mm	Riego (FR)
		Foliar (FF)
	Partícula menor (PMe). CP 4mm; P 2mm	Riego + Foliar (FR + FF)

CP: corteza de pino (Ecorteza®); P: perlita. Proporciones: CP 75% : P 25%, v:v

Los sustratos fueron esterilizados con vapor durante 1 h. Para la fertilización al riego y foliar se utilizó Peters® 30-10-10 con una concentración de N de 100 mg L⁻¹. Además, para la fertilización foliar, previo a la adición de Peters®, se agregó Aderatsa® (surfactante) en cantidad de 1 mL L⁻¹ de agua. Para la aplicación foliar, se usó una bomba de aspersión con boquilla fina, para dar un rocío suave a las hojas hasta goteo. Previo a la aplicación de soluciones nutritivas, se hicieron riegos al sustrato, así como al siguiente día de la aplicación, para evitar acumulación de sales, tanto en sustrato como en hoja. Las plantas se fertilizaron en cantidad de 100 mL por maceta y las aplicaciones se hicieron por la tarde. Se utilizaron contenedores

traslúcidos, con capacidad de 600 mL. En cada uno se colocó una planta, con 3 pseudobulbos ± 1 . Cada contenedor con una planta se consideró una unidad experimental. Los datos se analizaron mediante ANOVA con el paquete estadístico SAS (SAS, 2002).

Resultados y Discusión

Crecimiento radicular de L. anceps subesp. anceps.

Se presentaron diferencias significativas por efectos simples e interacciones de los factores evaluados de *L. anceps subesp. anceps* en parámetros del crecimiento radicular (Cuadro 2). El tratamiento FR + PMe incrementó significativamente el número de raíces, en comparación con el tratamiento (FR + FF) + PMa (Figura 1a). En este último tratamiento también se registró la menor longitud de raíces, en comparación con el tratamiento FR + PMa (Figura 1b).

Cuadro 2. Efectos simples e interacción de la fertilización y el diámetro de partícula en el crecimiento radicular de *L. anceps subesp. anceps*.

	Crecimiento radicular		
	No. raíces	Longitud raíces	Volumen radical
Fertilización	0.0345 *	0.0444 *	0.0042 *
Diámetro de partícula	0.0158 *	0.3234 ns	0.0120 *
Fertilización*Diámetro	0.1358 ns	0.1733 ns	0.0070 *
CV(%)	34.50	23.82	16.54

ns: no significativo; *Significativo ($P \leq 0.05$); CV: coeficiente de variación.

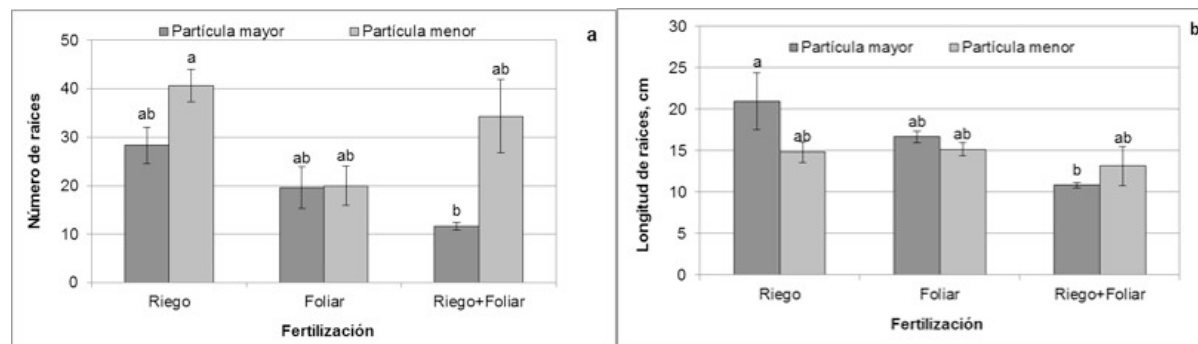


Figura 1. Número (a) y longitud (b) de raíces (cm) por efecto de diferentes formas de fertilización y diferentes tamaños de partículas, de *L. anceps subesp. anceps*. Barras con letras diferentes en cada subfigura $\pm$ DE indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Las medias más altas de volumen radical se tuvieron en el tratamiento donde se complementaron los dos tipos de fertilización, así como en la fertilización foliar aplicada individualmente, independiente del tamaño de partícula; no obstante éstas solo fueron estadísticamente superiores al volumen radical de plantas tratadas con FF + PMa (Figura 2).

Crecimiento aéreo de L. anceps subesp. anceps.

No se presentaron diferencias significativas por efectos simples o de interacción en el número de hojas y pseudobulbos, pero el efecto simple de la fertilización y la combinación de ésta con el diámetro de partícula afectaron el área foliar (Cuadro 3 y Figura 3).

Los resultados muestran que en la especie en estudio, cuando no hay un buen crecimiento radicular, no hay un buen crecimiento aéreo, tal como sucede con las plantas en general. Sin embargo, este hecho es particularmente importante en orquídeas debido a que su carácter epífita puede cambiar o complicar su adaptación al contenedor y sustrato cuando son cultivadas, y esto se complica aún más debido al lento crecimiento de las orquídeas. Esta información se complementa con lo señalado por Tejeda-Sartorius *et al.* (2014), quienes reportaron que la FR + FF disminuyó el peso seco de raíces.

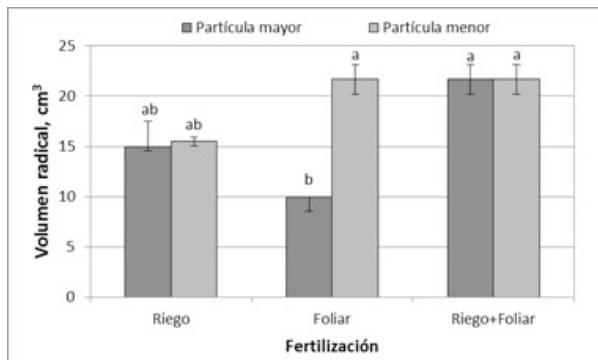


Figura 2. Volumen radical por efecto de diferentes formas de fertilización y diferentes tamaños de partículas, de *L. anceps* subesp. *anceps*. Barras con letras diferentes $\pm$ DE indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 3. Efectos simples e interacción de la fertilización y el diámetro de partícula en el crecimiento aéreo de *L. anceps* subesp. *anceps*.

	Crecimiento aéreo		
	No. hojas	No. pseudobulbos	Área foliar
Fertilización	0.6994 ns	0.6394 ns	0.0032 *
Diámetro de partícula	0.3721 ns	0.3633 ns	0.9545ns
Fertilización*Diámetro	0.5942 ns	0.4350 ns	0.0058 *
CV(%)	30.50	27.04	25.29

ns: no significativo; *Significativo ($P \leq 0.05$); CV: coeficiente de variación.

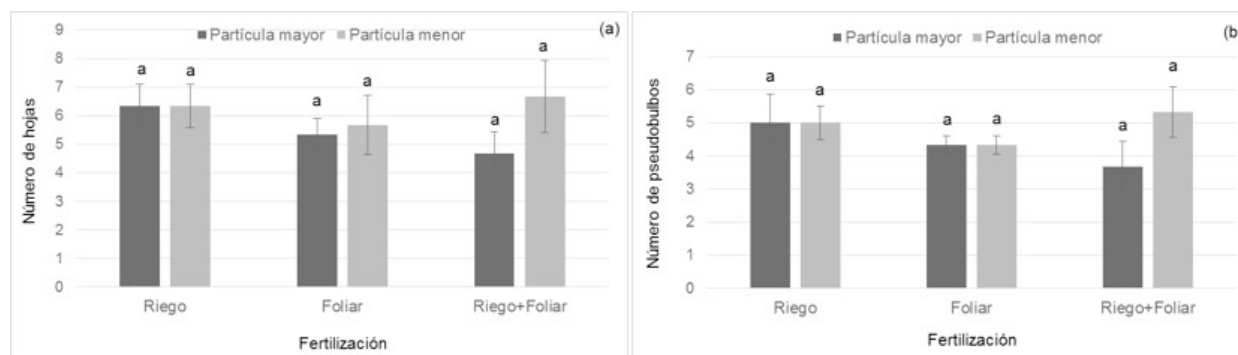


Figura 3. Número de hojas (a) y pseudobulbos (b) por efecto de diferentes formas de fertilización y diferentes tamaños de partículas, de *L. anceps* subesp. *anceps*. Barras con letras diferentes $\pm$ DE en cada subfigura indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.



La FR en sustrato con PMa aumentó significativamente el área foliar, en comparación con el área foliar obtenida con FR + FF con PMa (Figura 4).

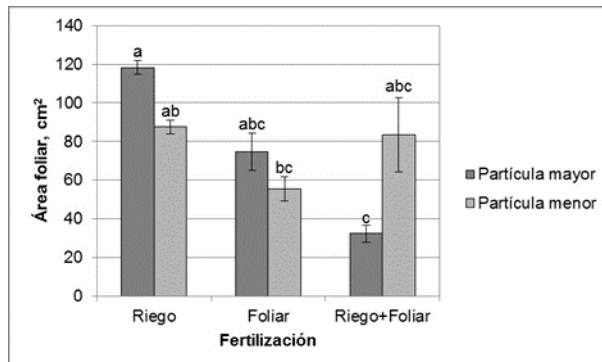


Figura 4. Área foliar por efecto de diferentes formas de fertilización y diferentes tamaños de partículas, de *L. anceps* subesp. *anceps*. Barras con letras diferentes $\pm$ DE indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Se considera que el periodo experimental no fue suficiente para demostrar mayor número de hojas y pseudobulbos, pero los tratamientos mostraron sus efectos en el área foliar, lo cual, posteriormente, podría promover inducción a floración más temprana, es decir, lograr que las plantas pasen de una etapa vegetativa a reproductiva en menor periodo de tiempo.

Conclusiones

De los resultados obtenidos, se concluye que la fertilización al riego es más eficiente para el crecimiento radical y aéreo de *Laelia anceps* subesp. *anceps*, que la fertilización foliar. El complemento de la fertilización al riego con la foliar aplicado en un sustrato con partícula equivalente a 13 mm, disminuye el crecimiento de las variables estudiadas.

Agradecimientos

Agradecimiento al Fideicomiso 167304 y a la Línea Prioritaria de Investigación 4 (Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del Paisaje) del Colegio de Postgraduados por el financiamiento otorgado para la realización de la presente investigación.

Bibliografía

- Amberger-Ochsenbauer, S. 2010. Evaluation of growing media components for *Phalaenopsis*. Acta Hort. 878: 355-360.
- Grossmann, J. 1997. Foliar fertilization of orchids. In: Horticultural Crops Plant Nutrition Series (Ed. Benton. S.). Vol. III. Department of Horticultural Science, p. 38-43.
- Jones, S. 2010. Fertilizer Burn. American Orchid Society.
[\[http://www.aos.org/AM/Template.cfm?Section=Search&template=/CM/HTMLDisplay.cfm&ContentID=5718\]](http://www.aos.org/AM/Template.cfm?Section=Search&template=/CM/HTMLDisplay.cfm&ContentID=5718)
Fecha de consulta: Julio 2014.
- SAS. 2002. SAS High-Performance Forecasting 2.2: User's Guide. (Vol. 1 & 2). Cary, NC: SAS Institute Inc. Ver. 9). 652 p.
- Slump, K. 2004. Predictions from the medium. Orchids, pp. 416-418.



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
"Suelos sin fronteras para impulsar a México"



- Tejeda-Sartorius, O., L.I. Trejo-Téllez, G. Martínez-Rodríguez, M.G. Peralta Sánchez. 2014. Fertilización foliar y en riego en la acumulación de biomasa seca de *Laelia anceps* subsp. *anceps* (Orchidaceae). Memoria del XI Encuentro de Participación de la Mujer en la Ciencia. Centro de Investigaciones en Óptica, León, Guanajuato, México, pp. 1-5.
- Wang, Y-T.; M. Blanchard, R. Lopez and E. Runkle. 2005. The orchid grower. Series Production Orchids, Greenhouse growers, pp. 70-72.
- Zotz, G. and U. Winkler. 2013. Aerial roots of epiphytic orchids: the velamen radicum and its role in water and nutrient uptake. *Oecologia* 171:733-741.





NITRÓGENO Y POTASIO EN LA CONCENTRACIÓN DE N, P Y K EN RIZOMAS DE ALCATRAZ, DESPUÉS DEL PRIMER CICLO PRODUCTIVO

Trejo-Téllez, L.I.^{1*}; Torres-Flores, N.I.¹; Gómez-Merino, F.C.²; Tejeda-Sartorios, O.¹; Trejo-Téllez, B.I.³, Ramírez-Martínez, M.¹

¹Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México. México.

²Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, Veracruz. México.

³Colegio de Postgraduados. Campus San Luis Potosí, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. México.

*Autora responsable: tlibia@colpos.mx; km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 56230; Tel +52 (595) 95 20200 ext. 1188 subext. 104.

Resumen

Esta investigación evaluó bajo condiciones de invernadero, el efecto de dosis de N en fase vegetativa (0.5, 1.5 y 2.5 g/planta) y de K en fase reproductiva (4, 6 y 8 g/planta), en la concentración de N, P y K del rizoma de *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano al final del primer ciclo de producción. Las concentraciones de N, P y K fueron afectadas por el factor N y por la interacción de éste con el factor K. La dosis de N se relacionó de manera positiva con la concentración de N en rizoma al final del ciclo; el efecto de la interacción NXK mostró la misma tendencia. Contrariamente, la concentración de P en rizoma al final del ciclo, se relacionó negativamente con la dosis de N. De manera similar, la interacción de factores de estudio muestra una reducción en la concentración final de P en el rizoma por efecto de altas dosis de N suministradas en fase vegetativa. La concentración final de K en los rizomas mostró la misma tendencia que la concentración final de P, existiendo una relación negativa entre ésta y la dosis de N. De la misma manera, solo en la dosis más baja de N se observa influencia de la dosis de K aplicada en fase reproductiva, donde contrario a lo supuesto, a medida que ésta incrementa, la concentración de K en el rizoma al final del ciclo productivo es menor.

Palabras clave

Fenología; *Zantedeschia albomaculata*; concentraciones nutrimentales

Introducción

En la actualidad, el alcatraz y sus híbridos, son muy apreciados en el mercado nacional, por lo que la introducción de nuevas variedades de diversos colores, representa la generación de un nuevo mercado de exportación (Leszczyńska y Borys, 2002). No obstante, en México falta información sobre el manejo de cultivo y sus requerimientos, nutrición y control de plagas y enfermedades, lo cual incide en forma negativa en esta especie (Trejo-Téllez *et al.*, 2013).



Una de las prácticas comunes en la producción de alcatraz es el uso de dos ciclos de producción. En la floración del segundo ciclo se ha evaluado el efecto de factores ambientales como la temperatura y la luminosidad (Corry Widmer, 1990) y el abastecimiento de P a los rizomas (Scagel y Schreiner, 2006), entre otros.

Considerando que la fertilización es un factor determinante en el crecimiento y producción del alcatraz, y la aplicación de N y K es necesaria en cantidades suficientes, ya que son los elementos que mayor demanda el cultivo y cuya deficiencia puede afectar drásticamente el desarrollo, producción y calidad de esta especie, esta investigación plantea como objetivo evaluar las concentraciones de N, P y K en los rizomas después del primer ciclo productivo, cuando las plantas fueron nutridas durante este periodo con dosis de N en etapa vegetativa y con dosis de K en fase reproductiva, y compararlas con las concentraciones iniciales de estos macronutrientes.

Materiales y Métodos

Esta investigación fue desarrollada bajo condiciones de invernadero. Los rizomas utilizados fueron de la especie *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano con espata de color rojo-naranja; los rizomas fueron desinfectados con una solución de Mancozeb® + Tecto® 60 a razón de 2 g L⁻¹ de agua durante 15 min para prevenir enfermedades fúngicas. En seguida se introdujeron en una solución de 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico, por 15 min para asegurar la floración. Posterior a la desinfección, los rizomas fueron plantados en bolsas de polietileno negro usando como sustrato una mezcla de tezontle de 3 mm + Agrolita® (60/40, v/v); las unidades experimentales fueron bolsas de polietileno negro 25 x 25 cm conteniendo un rizoma.

Se aplicaron nueve tratamientos resultantes de la combinación de la aplicación de tres dosis de nitrógeno (0.5, 1.5 y 2.5 g/planta) durante la fase vegetativa y de tres dosis de potasio (4, 6 y 8 g/planta) en la fase reproductiva. Se utilizó un experimento completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento. Los niveles de N y K evaluados fueron suministrados de manera fraccionada durante las fases fenológica y reproductiva, respectivamente, en la solución nutritiva de Steiner al 100% (Steiner, 1984), sin variación en el resto de los nutrientes que la constituyen. La aplicación de tratamientos se inició 15 días después de la plantación (ddp), aplicando 250 mL por maceta dos veces por semana.

Antes del inicio del ciclo de producción y al final de éste se realizó un análisis de concentración de N, P y K en rizomas. La concentración de N fue determinada por el método semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965) utilizando ácido sulfúrico-salicílico para la digestión de las muestras. La determinación de P y K, se realizó por digestión húmeda del material seco con una mezcla de ácidos perclórico y nítrico (Alcántar y Sandoval, 1999). La lectura de los extractos obtenidos después de la digestión y filtrado se determinaron en el equipo Optica I Emission Spectrometer (ICP), modelo Varian 725-ES.

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$), usando el paquete SAS (SAS, 2011).



Resultados y Discusión

Las concentraciones iniciales de N, P y K en rizomas de alcatraz cv. Captain Murano fueron 13.7, 1.61 y 4.75 g kg⁻¹ de materia seca. Al final del ciclo productivo se analizaron nuevamente las concentraciones de estos macronutrientes en el rizoma. El Cuadro 1 presenta los efectos estadísticos obtenidos por los factores de estudio y su interacción, observándose que existieron solo efectos significativos principales del factor N y de la interacción de éste con el factor K, en la concentración final de N en rizoma.

Cuadro 1. Efectos estadísticos de la concentración de N y de K de la solución nutritiva en fases vegetativa y reproductiva, respectivamente, en las concentraciones en rizoma de N, P y K al final del ciclo productivo.

Factor de estudio	Pr > F		
	N	P	K
Dosis de N en fase vegetativa (DN)	0.0026 *	0.0002 *	<0.0001 *
Dosis de K en fase reproductiva (DK)	0.1591 ns	0.0771 ns	0.1347ns
DN X DK	0.0169 *	0.0001 *	<0.0001 *
CV (%)	17.30	20.96	16.27

ns: no significativo; *Significativo ($P \leq 0.05$); CV: coeficiente de variación.

La dosis alta de N en fase vegetativa (2.5 g/planta), ocasionó un incremento del 25.43 y 23.15% en la concentración final de rizoma, respecto a las dosis de N de 0.5 y 1.5 g/planta. Así también la dosis alta de N incrementó en 2.3 la concentración final de N en rizoma, respecto a la inicial (Figura 1A). Por otra parte, el efecto de la interacción de N y K en fase reproductiva, mostró la misma tendencia que la dosis de N; es decir, mayor concentración final de N en rizoma cuando la dosis de N se incrementa, particularmente en combinación con las dosis altas de K en fase vegetativa. Es importante notar que se observa una tendencia positiva en la concentración final de N en rizoma, con el incremento de K en la fase reproductiva. La menor concentración final de N en rizoma se presentó en el tratamiento con las dosis más bajas de N y K evaluadas. (Figura 1B).

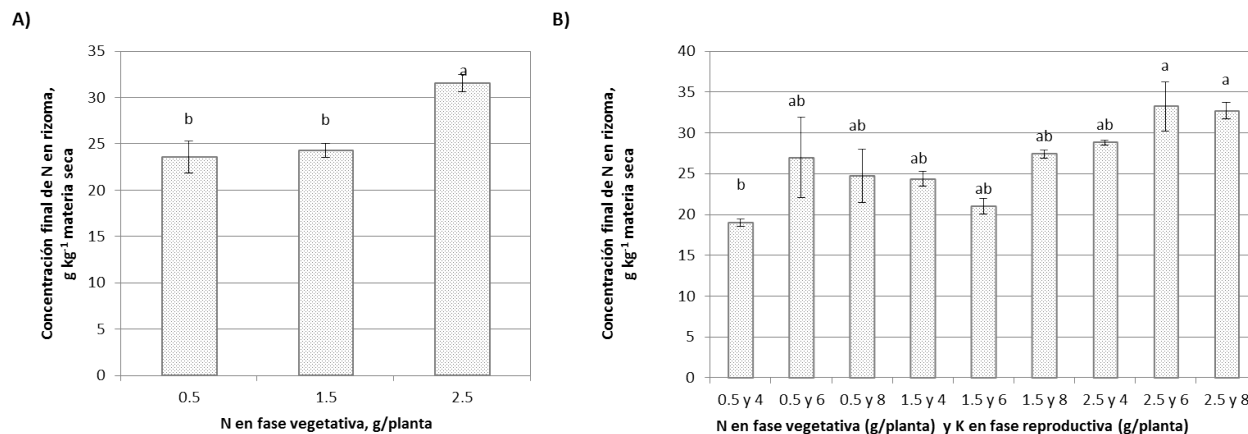


Figura 1. Concentración de N en rizomas al final del ciclo productivo, en función de la dosis de N suministrada en fase vegetativa (A) y de la interacción de la dosis de N en fase vegetativa con la dosis de K en fase reproductiva (B). Barras con letras diferentes en cada subfigura $\pm$ DE indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración de P en rizoma al final del ciclo de cultivo, es significativamente mayor con la dosis de N más baja suministrada en la fase vegetativa, la cual supera en 27.84 y 40.73% a las concentraciones obtenidas con las dosis de N de 1.5 y 2.5 g/planta, respectivamente (Figura 2A). Así también, en la interacción de factores de estudio es evidente la reducción en la concentración final de P en el rizoma por efecto de altas dosis de N suministradas en fase vegetativa (Figura 2B).

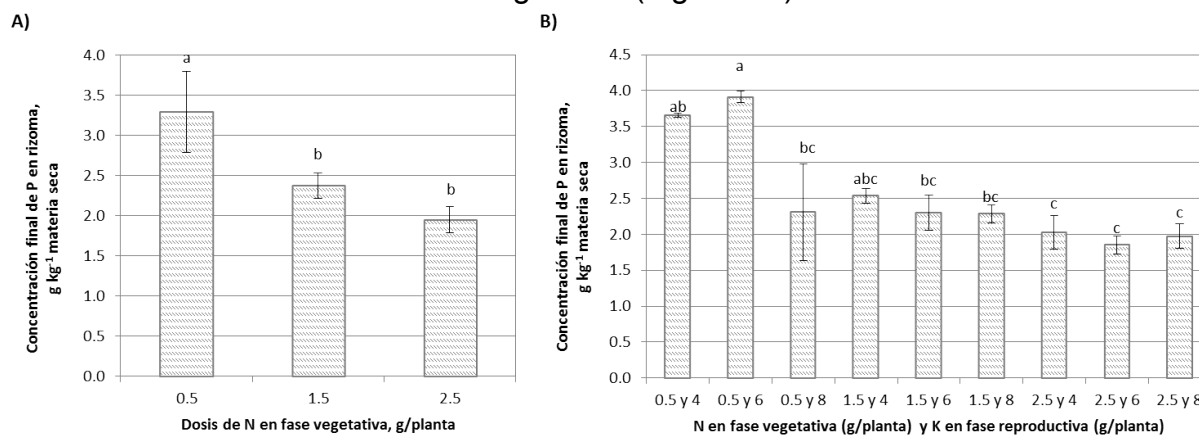


Figura 2. Concentración de P en rizomas al final del ciclo productivo, en función de la dosis de N suministrada en fase vegetativa (A) y de la interacción de la dosis de N en fase vegetativa con la dosis de K en fase reproductiva (B). Barras con letras diferentes en cada subfigura $\pm$ DE indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración final de K en los rizomas mostró la misma tendencia observada en la concentración final de P. Es decir, existió una relación negativa entre ésta y la dosis de

N aplicada durante la fase vegetativa (Figura 3A). De la misma manera, en la Figura 3B se observa que solo en la dosis más baja de N existe influencia de la dosis de K aplicada en fase reproductiva, donde contrario a lo supuesto, a medida que ésta incrementa, la concentración de K en el rizoma al final del ciclo productivo es menor (Figura 3B).

Los efectos negativos de dosis altas de N en la fase vegetativa, en la concentración de estos elementos bajo esta condición, permite establecer dos supuestos; el primero de ellos implica interacción negativa entre el N, respecto a P y K; el segundo de ellos, que altas dosis de N favorecen el transporte a larga distancia de P y K y por tanto, su concentración en rizomas al final del ciclo productivo es menor. Lo anterior, sugiere realizar un análisis integral de concentraciones en la totalidad de órganos de la planta e incluso establecer patrones de acumulación de estos elementos.

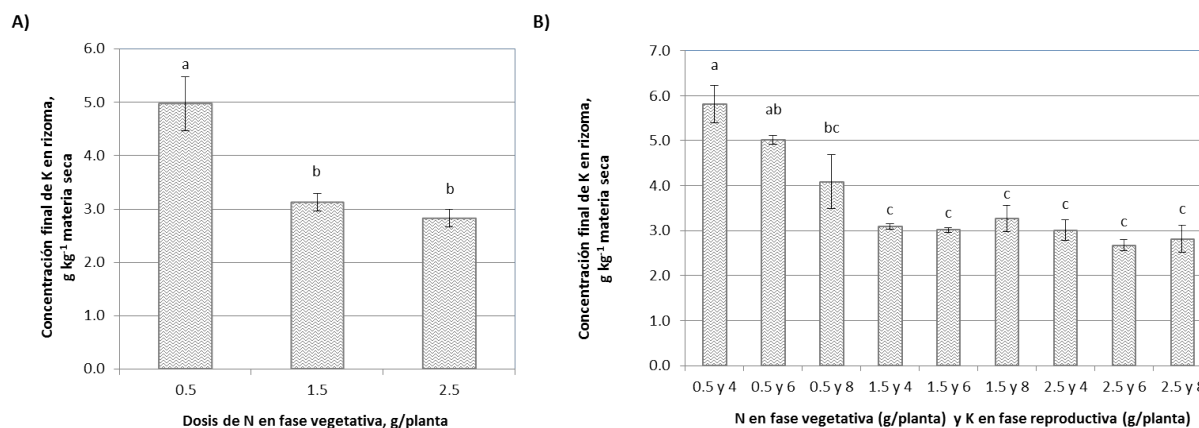


Figura 3. Concentración de K en rizomas al final del ciclo productivo, en función de la dosis de N suministrada en fase vegetativa (A) y de la interacción de la dosis de N en fase vegetativa con la dosis de K en fase reproductiva (B). Barras con letras diferentes en cada subfigura $\pm$ DE indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Conclusiones

La fertilización con N en fase vegetativa en la dosis más baja evaluada en esta investigación, mantiene o bien incrementa la concentración de N, P y K en rizomas, después del primer ciclo de cultivo. La fertilización con K en fase reproductiva no tiene influencia en la concentración de N, P y K en rizomas, al final del primer ciclo productivo.



Agradecimientos

A la Línea Prioritaria de Investigación 4 (Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del Paisaje) del Colegio de Postgraduados por el financiamiento otorgado para la realización de la presente investigación.

Bibliografía

- Alcántar, G. G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C., Chapingo, México.
- Bremner, M. J. 1965. Total nitrogen. *In*: Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9. Black, C. A. (ed.). pp. 1149-1178. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA.
- Corr, B. E. and R. E. Widmer. 1990. Growth and flowering of *Zantedeschiaelliottiana* and *Z. rehmannii* in response to environmental factors. HortScience 25(8): 925-927.
- Leszczyńska, B. H. y M. W. Borys. 2002. La flora de la Cultura del Estado de Puebla. Ed. Siza. UPAEP, Fundación Produce Puebla, México. 216 p.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT Users Guide. Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, N. C., USA.
- Scagel, C. F. and R. P. Schreiner. 2006. Phosphorus supply alters tuber composition, flower production, and mycorrhizal responsiveness of container-grown hybrid *Zantedeschia*. Plant and Soil 283: 323-337.
- Trejo-Téllez, B. I., N. I. Torres-Flores, L. I. Trejo-Téllez y V. M. Cisneros-Solano. 2013. El alcatraz blanco (*Zantedeschiaaethiopica* (L) K. Spreng) en el municipio de La Perla, Veracruz. Agroproductividad 6(3): 3-8.





LA PROPORCIÓN ESTEQUIOMÉTRICA N:P EN *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) variedad ‘Rojo Pelón’

Valdez-Cepeda, R.D.^{1,2,3*}, Blanco-Macías, F.¹, Lara-Herrera, A.⁴, Márquez-Madrid, M.¹, Magallanes-Quintanar, R.⁵, Méndez-Gallegos, S. de J.⁶, Villarreal-Guerrero, F.³

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac., México.

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Zacatecas, Zac., México.

³Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología. Chihuahua, Chih., México.

⁴Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Agronomía. Zacatecas, Zac., México.

⁵Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Zacatecas, Zac., México.

⁶Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, SLP., México.

*Valdez-Cepeda, R.D. vacrida@hotmail.com; Calle Cruz del Sur Núm. 100, Col. Constelación, El Orito, Zacatecas, Zac. México. CP 98085; Tel. +52(492)-924-6147

Resumen

La proporción N:P puede ser usada para investigar como la disponibilidad relativa de N y P influye sobre varios procesos ecológicos y como es afectada por impactos humanos y de manejo. Por lo tanto, el objetivo del presente informe de investigación fue analizar la dependencia del rendimiento de *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) variedad ‘Rojo Pelón’ de la proporción N:P estimada en cladodios de fructificación de un año de edad. La proporción N:P óptima estimada (≈ 7.08) para *O. ficus-indica*, mediante la técnica de curva limite, es prácticamente similar a la reportada para plantas herbáceas (N:P=100:14.3, i.e. 6.99). Trabajos de investigación futuros con *O. ficus-indica* deben incluir el análisis de estándares nutrimentales, crecimiento, rendimiento y estequiometría nutrimental.

Palabras clave

Nitrógeno; Fósforo; Rendimiento

Introducción

La proporción N:P puede ser usada para investigar como la disponibilidad relativa de N y P influye sobre varios procesos ecológicos y como es afectada por impactos humanos y de manejo (Güsewell et al., 2003). Los valores de N:P reflejan la disponibilidad relativa de N y P y pueden indicar el nivel de deficiencia de N o P experimentada por las plantas; en ocasiones son mas confiables que los experimentos de fertilización (Güsewell et al., 2003). En general, valores de N:P > 16 indican limitación de P, < 14 indican limitación de N, y entre 14 y 16 indican co-limitación de N y P (Koerselman et al., 1996).

Knetch y Göranson (2004) reportaron que la proporción N:P óptima para plantas herbáceas es 100:14.3, es decir, al considerar al N ajustado a 100, como referencia, se tiene un valor de 6.99. Este tipo de conocimiento es limitado con respecto a *O. ficus-*



indica. Por lo tanto, el objetivo del presente informe de investigación fue analizar la dependencia del rendimiento de *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) variedad ‘Rojo Pelón’ de la proporción N:P.

Materiales y Métodos

Parcela Experimental

Una huerta fue establecida en junio de 2006 en el campo experimental del ‘Centro Regional Universitario Centro Norte’ de la ‘Universidad Autónoma Chapingo’ a 22° 44’ 49.6” latitud Norte, 102° 46’ 28.2” longitud Oeste, y 2 296 m snm, localizada cerca de la Ciudad de Zacatecas, México. El clima que caracteriza a la región puede ser clasificado como BS1kw(w), el cual corresponde al menos seco de los del tipo estepario seco, con una temperatura media anual que varía entre 12 y 18°C y una precipitación media anual de 472 mm. La mayor parte de la precipitación (65%) ocurre de junio a agosto.

La huerta se estableció con el propósito de propagar la especie *O. ficus-indica* variedad ‘Rojo Pelón’. Veinte cladodios madre fueron usados. Sus estimadores estadísticos básicos fueron los siguientes: longitud de cladodio de 28.5±5.4 cm; y ancho de cladodio de 16.3±2.2 cm. Los 20 árboles considerados tenían estructura en forma de vaso. Dentro de la parcela experimental, una densidad de 625 plantas-ha⁻¹ fue usada. Después del establecimiento de la huerta, las malezas fueron removidas a finales de primavera y verano cada año de manera manual. La fertilización, irrigación y otras prácticas agronómicas no se realizaron. Cabe mencionar que desde el establecimiento de la huerta hasta desprender los cladodios experimentales, la práctica de poda en los árboles no se realizó.

Datos

Sesenta cladodios terminales de fructificación y 480 frutos de *O. ficus-indica* variedad ‘Rojo Pelón’ fueron considerados en este estudio. Todos los cladodios fueron seleccionados de la parte superior de las plantas para asegurar que tuvieran un año de edad. Solo cladodios que tuvieran de uno a 15 frutos fueron involucrados con el propósito de incluir cuatro cladodios que soportaran cada uno de esos números de frutos. Un cuidado especial se tuvo para considerar un cladodio de cada parte de la planta (norte, sur, este y oeste) asociado a cada número de frutos, así como que la mayoría de los frutos mostraran cambio de color en su cáscara. Todos los 480 frutos fueron cosechados y pesados. Los 60 cladodios desprendidos de los árboles se limpiaron con agua destilada e inmediatamente pesados. Esas actividades fueron realizadas los días 9 y 10 de agosto de 2012. Después, todos los 60 cladodios fueron cortados en rebanadas y deshidratados hasta peso seco constante en estufa a 75°C durante 36 horas; luego sus pesos fueron registrados. Las muestras de cladodios deshidratados se usaron para determinar N (micro-Kjeldahl, AOAC, 1990) y P (molibdato).

Análisis

Los datos de rendimiento de fruto por cladodio (obtenido al pesar todos los frutos



de cada cladodio), así como de las concentraciones de N y P fueron capturados en una hoja de cálculo con el programa Microsoft Office Excel. La base de datos fue usada para elaborar los diagramas de dispersión. Después, la asociación posible entre el rendimiento de los cladodios de fructificación y la proporción N:P fue estimada mediante análisis de regresión lineal simple de acuerdo a la técnica de curva límite, conforme a lo señalado por Evanylo y Sumner (1987), Evanylo (1990) y Valdez–Cepeda *et al.* (2013).

Resultados y Discusión

El rendimiento de fruto por cladodio dependió de la proporción N:P en cladodios de fructificación de manera clara (Figura 1). La mayoría de los puntos se agruparon en la parte inferior del diagrama de dispersión, es decir, a rendimientos pequeños de fruto. Los rendimientos grandes de fruto fueron medidos raramente en cada clase de frecuencia considerada; entonces, la selección de puntos representativos para estimar la función cuadrática y definir la curva límite fue sencilla. Por lo tanto, la selección de puntos en el límite superior del grupo de datos fue fácil; después, una relación entre rendimiento de fruto por cladodio y la proporción N:P en cladodios de fructificación para la variedad ‘Rojo Pelón’ fue apreciada.

Los cladodios con proporciones N:P de 4.79 a 10.57 produjeron rendimientos de fruto de ≥ 79 g (1 fruto) a 1356 g (15 frutos). Lo más notable fue que la función cuadrática estimada ($y = -0.89.452x^2 + 1266.6x - 3223.9$; $R^2 = 0.87535$) sugiere que los cladodios de fructificación con $N:P \approx 7.08$ pueden ser capaces de soportar rendimientos grandes de fruto (≈ 1259.72 g) en *O. ficus-indica* variedad ‘Rojo Pelón’.

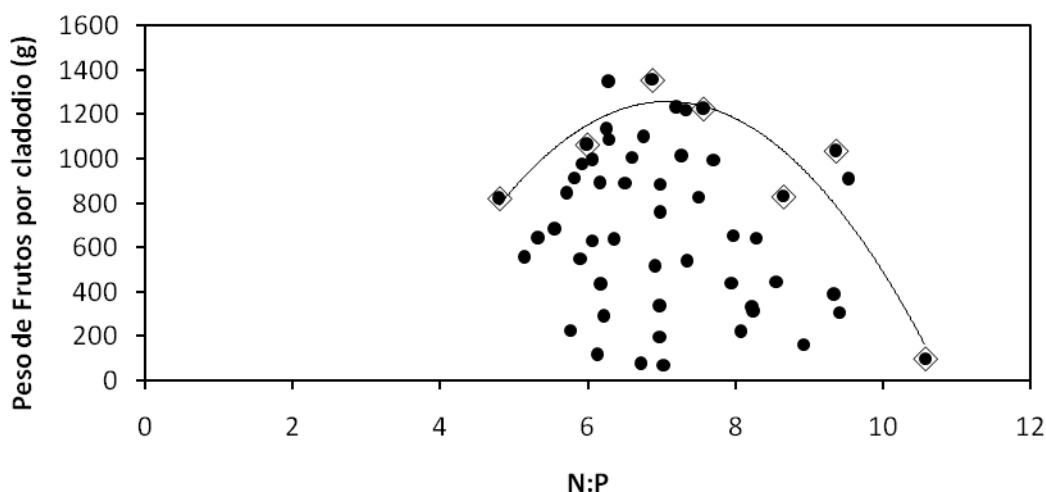


Figura 1. El rendimiento de fruta de *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) variedad ‘Rojo Pelón’ en función de la proporción Nitrógeno:Fósforo (N:P) en cladodios de un año de edad.



Así entonces, la proporción N:P óptima estimada (≈ 7.08) para *O. ficus-indica* es prácticamente similar a la reportada por Knetch y Göranson (2004) para plantas herbáceas (N:P=100:14.3, i.e. 6.99). Cabe resaltar que tanto las hojas de las herbáceas como los cladodios de *O. ficus-indica* son tejidos fotosintéticos. Sin embargo, los resultados son preliminares; por lo tanto, trabajos de investigación futuros con *O. ficus-indica* deben incluir estándares nutrimentales análisis, crecimiento, rendimiento y estequiometría nutrimental.

Conclusiones

La proporción N:P óptima estimada (≈ 7.08) para *O. ficus-indica* es prácticamente similar a la reportada por Knetch y Göranson (2004) para plantas herbáceas (N:P=100:14.3, i.e. 6.99). Trabajos de investigación futuros con *O. ficus-indica* deben incluir estándares nutrimentales análisis, crecimiento, rendimiento y estequiometría nutrimental.

Agradecimientos

Al Instituto de Horticultura y la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo por el financiamiento del proyecto del que se derivó éste informe.

Bibliografía

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Copper catalyst Kjeldahl method. p. 15. In: K. Helrich (Ed.). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th edition AOAC. Arlington, VA, USA.
- Evanylo, G.K., Sumner, M.E. 1987. Utilization of the boundary line approach in the development of soil nutrient norms for soybean production. Communications in Soil Science and Plant Analysis 18: 1379-1401. doi: 10.1080/00103628709367906
- Evanylo, G.K. 1990. Soil and plant calibration for cucumbers grown in the mid-Atlantic coastal plain. Communications in Soil Science and Plant Analysis 21: 251-272. doi: 10.1080/00103629009368229
- Güsewell, S., Koerselman, W. and Verhoeven, J.T.A. 2003. Biomass N:P ratios as indicators of nutrient limitation for plant populations in wetlands. Ecological Applications 13: 372-384.
- Koerselman, W. & Meuleman, A.F.M. 1996. The vegetation N:P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. J. Applied Ecology 33: 1441-1450.
- Knecht, M.F., and A. Göranson. 2004. Terrestrial plants require nutrients in similar proportions. Tree Physiol. 24: 447-460.
- Valdez-Cepeda, R.D., Blanco-Macías, F., Magallanes-Quintanar, R., Vázquez-Alvarado, R.E., Méndez-Gallegos, S. de J. 2013. Fruit weight and number of fruits per cladode depend on fruiting cladode fresh and dry weight in *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller variety 'Rojo Pelón'. Scientia Horticulturae 161: 165-169. doi: 10.1016/j.scienta.2013.06.009





PRODUCCIÓN DE MAIZ FORRAJERO (*Zea mays* L) BAJO FERTIRRIEGO CON LIXIVIADO DE LOMBRIZ

Vázquez-Vázquez, C.^{1*}; Ortiz-Angel M.J.²; Orona-Castillo, I.¹; Trejo-Escareño H.I.¹; Gallegos-Robles, M.A.^{1*}; López-Martínez J.D.¹

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango, México

²Alumna de la Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable UJED, Gómez Palacio. Durango. México

*Autor responsable: cirvaz60@hotmail.com. Ávila Camacho Núm. 333 Col. Fresno del Norte, Fco. I. Madero, Coahuila. México. CP 27900; Tel. +52(872)-1010324

Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en el ciclo primavera verano del año 2013 en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. Donde se evaluaron cinco niveles de lixiviados en un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones; los tratamientos fueron $T_1 = 3000$, $T_2 = 5000$, $T_4 = 6000$ litros respectivamente de lixiviado de lombriz y el $T_5 = (200-100-00)$ de N,P,K respectivamente se midieron como variables repuestos rendimiento de forraje verde, altura de planta, diámetro de tallo, fibras, ácido y neutro detergente, materia seca en el suelo, materia orgánica, PH, conductividad eléctrica, antes de la aplicación de lixiviados y después de la aplicación encontrando diferencia estadística significativa para rendimiento de forraje verde siendo el mejor el T_5 con un rendimiento de 68.86 t ha^{-1} , seguido de T_3 con un rendimiento de 53.06 t ha^{-1} existiendo diferencia estadística entre ambos, para la variable M.O. el mejor fue el T_4 con 3.43% siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos.

Palabras clave

Lixiviado, materia orgánica, rendimiento

Introducción

La Comarca Lagunera es una de la regiones agrícolas y ganaderas más importante a nivel nacional, por lo que en el año 2008 se calculó un total de 234, 258 cabezas de ganado bovino lechero, el cual produjo un promedio de 25.85 litros/vaca/día, que al mismo tiempo generaron 2,210.58 millones de litros de leche, de los cuales se obtuvo un valor de la producción 10,713.596 millones de pesos (SAGARPA 2009). Lo antes mencionado produce una alta demanda de producción de cultivos forrajeros de alta calidad, así como de otras fuentes alternativas de alimentos para satisfacer las necesidades que el ganado requiere. El cultivo del maíz es una fuente muy importante que proporciona carbohidratos que pueden ser utilizados por el hato lechero, lo que conlleva el incremento en la superficie destinada de este forraje, en el 2003 la producción fue de 954,882 ton de forraje y posteriormente en el año 2007 se tuvo una producción de 1,550,212 ton (SAGARPA 2008).

La lombriz roja californiana transforma el estiércol en desechos sólidos y líquidos (lixiviado) este proceso se lleva a cabo bajo condiciones óptimas de humedad, temperatura y luz solar (Larco, 2004). Dicho producto se puede utilizar en los suelos en forma de abonos orgánicos de manera sólida y de forma líquida el lixiviado puede suministrarse en un sistema riego de manera superficial o bien puede ser utilizado de



manera foliar con la finalidad de obtener rendimientos favorables (Porta *et al.*, 1994; Romero, 2000).

El manejo de sistemas de riego que benefician en gran parte y disminuya las pérdidas que se presentan por conducción, aplicación y evaporación se hacen necesarias en la producción de cualquier cultivo. Un sistema de riego por goteo subsuperficial (RGS) logra mayores eficiencias en la aplicación de agua alrededor del 95% el cual no ayuda a la dosificación de los fertilizante por medio de un proceso llamado fertirriego ayudando a satisfacer los requerimientos de nutrientes que la planta necesita en cada una sus etapas fenológicas (Guevara *et al.*, 2005). debido a lo anterior se hace necesario determinar las características químicas del suelo bajo lixiviado de lombricomposta y encontrar en mejor tratamiento de lixiviado en el rendimiento y calidad del maíz forrajero.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, localizado en el kilómetro 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo en el ejido Venecia, Durango, México; Este se ubica geográficamente a los 25°46'56" de latitud Norte y 103°21'02" de longitud oeste a una altitud sobre el nivel del mar de 1110m.

La preparación de terreno consistió en un barbecho. La siembra se realizara en seco el día 19 de marzo del 2013, y posteriormente se instaló el sistema de riego, utilizando la variedad de maíz San Lorenzo como cultivo a experimentar. El tamaño de la unidad experimental fue de 9.6 m de ancho y 25 m de largo de los cuales se dividieron en 3 repeticiones cada uno de 16 m², lo que nos dio una superficie experimental de 240 m², con 5 tratamientos los cuales midieron 9.6 m², a cada tratamiento se le aplicó diferentes dosis de lixiviado de lombricomposta el cual fue comparado con un fertilizante químico que está basado en MAP Y UREA la fertilización química será 200-100-00 el cual fue el testigo(T5) los demás tratamientos fueron de la siguiente manera T1= 3000 L, T2=4000 L, T3=5000 L, T4=6000 L. El riego se realizó dos veces por semana se aplicó el lixiviado fraccionado en seis veces a través del ciclo vegetativo del cultivo cada tratamiento propuesto. La cintilla estuvo una equidistancia de 50 cm. Y cada una tenía una válvula para regular la aplicación del fertirriego, el lixiviado fue aplicado a través del dispositivo venturi.

Las variables medidas en el suelo fueron: pH, Conductividad Eléctrica, Materia Orgánica (MO), Nitratos, Calcio, Magnesio, fósforo, Sodio al igual que textura. Antes de la siembra y después de la cosecha

Las variables medidas en planta fueron las siguientes: Altura de Planta, Forraje Verde, Materia Seca(MS), Proteína Cruda(PC), Fibra Acido Detergente(FAD), Fibra Neutro Detergente(FND) y Energía Neta de Lactancia. Al momento de cosecha.

El diseño experimental que se utilizó fue de bloques al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones, el análisis estadístico será por medio del paquete estadístico SAS, se realizó la comparación de medias por DMS donde existió diferencia estadística.



Resultados y Discusión

El análisis de varianza para las variables de calidad de forraje de maíz, Proteína Cruda(PC), Fibra Acido Detergente(FAD), Fibra Neutro Detergente(FND) no muestra diferencia significativa en los tratamientos evaluados.

El análisis de varianza para materia orgánica y conductividad eléctrica del suelo se observa diferencia estadística significativa en los diferentes tratamientos de lixiviados, la comparación de medias muestra que para materia orgánica el valor más elevado es para el tratamiento 4 con un valor de 3.43 % de M.O. siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos (Cuadro 1).

Con respecto a la conductividad eléctrica del suelo existe diferencia estadística significativa, sin embargo sus valores de conductividad eléctrica están por debajo del nivel para considerarse un suelo salino ($CE > 4 \text{ dSm}^{-1}$).

Cuadro 1. Comparación de valores medios para materia orgánica y conductividad eléctrica con diferentes dosis de Lixiviados de Lombriz.

Tratamiento	Valor M. O (%)	CE (dSm^{-1})
1	2.93 b	2.40 b
2	2.98 b	2.60 b
3	3.05 b	2.85 a
4	3.43 a	2.15 b
5	2.96 b	2.78 a

Dms = 0.319

El análisis de varianza para rendimiento del cultivo en verde, altura y diámetro de tallo muestran diferencia estadística significativa en los diferentes tratamientos evaluados, realizando la comparación de medias se observa que el valor más alto en rendimiento es para el tratamiento 5 el cual es el tratamiento químico con un valor de 68.86 t ha^{-1} siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos, sin embargo el valor de los tratamientos con lixiviado son aceptables ya que los valores de rendimiento de forraje verde en la región en promedio son de 40 t ha^{-1} según Nuñez *et al*, 2003 (Cuadro 2).

Con respecto a la altura de planta se observa que el valor más elevado es para el tratamiento 2 siendo estadísticamente igual a los tratamientos 1, 4 y 5 y diferentes estadísticamente al tratamiento 3 con una altura de 2.70 m.

En lo referente al diámetro de tallo se observa que el valor más alto es para el tratamiento 5 (3.06 cm) siendo estadísticamente igual para los tratamientos 1, 3 y 4 existiendo diferencia estadística significativa para el tratamiento 2 con un valor de 2.50 cm.



Cuadro 2. Comparación de valores medios para altura de planta, rendimiento y diámetro de tallo en el cultivo de maíz con diferentes dosis de Lixiviados de Lombriz.

Tratamientos	Rend. t ha ⁻¹	Altura de planta (m)	Diámetro de tallo (cm)
1	47,200 c	3.06 a	2.63 a
2	48,600 b	3.13 a	2.50 b
3	53,067 b	2.70 b	2.63 a
4	52,767 b	2.90 a	2.60 a
5	68,867 a	2.96 a	3.06 a

Dms = 5,793

Conclusiones

Niveles altos de lixiviados de lombriz incrementan la materia orgánica del suelo de manera significativa comparado con la fertilización química.

La aplicación de lixiviados a través del fertirriego compiten con la fertilización química.

El lixiviado de lombriz no afecta la conductividad eléctrica en el suelo ya que con el tratamiento de 6000 L ha⁻¹ su conductividad eléctrica es de 2.15 dSm⁻¹.

Bibliografía

- Guevara E., A., G. Bárcenas H., F. R. Salazar M, E. González S. y H. Suzán A. 2005. Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. Agrociencia 39: 431-439.
- Núñez, H. G., F. Contreras G, y R. Faz C. 2003 Características agronómicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. Tec. Pecu Mex. 41 (1):37-48.
- Romero, m. 2000. Lombricultura y Agricultura Sustentable: agricultura orgánica, elaboración y aplicación de abonos orgánicos. México, DR, Mx. P. 125-134.
- SAGARPA, 2008. Delegación en la Región Lagunera. Suplemento especial. Resumen económico Comarca Lagunera 2007. El siglo de torreón Coahuila.
- SAGARPA. 2009. Resumen agrícola de la Región Lagunera durante el 2008. Resumen 2009. El siglo Torreón. p. 26.





EL GÉNERO *Bacillus* AISLADO DE ESTIÉRCOL BOVINO COMO ANTAGONISTA DE *Phytophthora spp*

Vázquez-González, F.J.^{1*}; De la Mora-Covarrubias, A.²; Valero-Galvan, J.²; Felix-Gastelum, R.³

¹El Colegio de Chihuahua. Ciudad Juárez, Chihuahua México.

²Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua. México.

³Universidad de Occidente. Campus Los Mochis, Sinaloa. México.

*Autor responsable: fjvazque@uacj.mx; Calle Anillo envolvente del PRONAF y Calle Partido Díaz s/ n. Col. Zona del PRONAF, Ciudad Juárez, Chihuahua. México. CP 32315; Tel. +521(656)-639 03 97

Resumen

El objetivo de este trabajo fue caracterizar bioquímicamente cepas del género *Bacillus* aisladas de estiércol bovino y evaluar de manera cualitativa su efecto como antagonistas de *Phytophthora spp*. El aislamiento se llevo a cabo bajo condiciones de laboratorio controladas en agares nutritivos dentro de cajas petri. Se obtuvo un promedio de 35.78×10^5 Unidades Formadoras de Colonias (UFC) x gramo de sustrato. Se aislaron diez cepas diferentes del género *Bacillus*, las cuales se les identificó por medio de sus propiedades físico-químicas. En las pruebas de antagonismo cinco cepas presentaron efecto de antibiosis, cinco competencia y las diez presentaron micoparasitismo contra *Phytophthoraspp*. El efecto antagónico parece estar asociado a la morfología de la colonia del bacilo.

Palabras clave: aislamiento, antagonismo, metabolismo

Introducción

La producción de alimentos de origen hortícola se ve afectada principalmente por las sequías y por la presencia de agentes patógenos. Estos últimos provocan pérdidas económicas a la agricultura, a nivel mundial, nacional y regional. Algunos de los hongos del suelo subsisten en las plantas vivas, ocasionándoles efectos perjudiciales en su crecimiento (Osorio *et al.*, 2009). El uso de plaguicidas dirigidos al control de hongos fitopatógenos ha provocado diferentes formas de contaminación del aire, del agua, suelos y alimentos con el consiguiente daño a la salud de jornaleros y consumidores (Albert, 2004). Los plaguicidas aplicados de manera excesiva también provocan resistencia en los fitopatógenos por lo que se justifica la implantación de estrategias de control que incluyan microorganismos benéficos, como son *Trichoderma spp.*, *Bacillus spp.*, *Pseudomonas spp.* (Carrera *et al.*, 2011).

El género *Bacillus* comprende una amplia diversidad de propiedades bioquímicas, como la degradación de los sustratos derivados de plantas y animales, incluyendo celulosa, almidón, caseína, pectina, proteínas e hidrocarburos; la fijación de nitrógeno, nitrificación y desnitrificación y la capacidad para producir antibióticos (Vos *et al.*, 2009) que le permite sobrevivir en diversos ambientes. Son gram positivos, de forma bacilar y formadores de endosporas, lo que les confiere la viabilidad en el ambiente por largos períodos de tiempo hasta que las condiciones se tornen favorables para volver a su forma vegetativa, además de soportar condiciones extremas de temperatura, desecación y pH (Beckman *et al.*, 1997). El género *Bacillus*, asociado a las plantas, ejerce un efecto positivo en su crecimiento y los efectos directos pueden ocurrir mediante la producción de compuestos fitoestimulantes y de manera indirecta mediante la síntesis de compuestos con actividad antagónica que inhiben el crecimiento de fitopatógenos (Rojas *et al.*, 2013). Las especies *Bacillus* no sólo pueden mejorar el desarrollo vegetal, además aumenta las capacidades de las plantas para resistir periodos



más largos de sequía (Compant *et al.*, 2005). Se les ha aislado en cultivos agrícolas, tales como caña de azúcar, algodón, trigo, maíz, papa, arroz, manzana, soya, aguacate, café, alfalfa (Arkhipova *et al.*, 2005; Rojas *et al.*, 2013). El objetivo de este trabajo fue caracterizar cepas del género *Bacillus* aisladas de estiércol bovino y evaluar de manera cualitativa su efecto como antagonistas de *Phytophthora* spp. bajo condiciones *in vitro*.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el laboratorio de genética aplicada de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, bajo condiciones controladas, con un diseño experimental aleatorio y como unidad de análisis se consideró la caja petri con agar nutritivo. Se obtuvo un gramo de la muestra de estiércol bovino y se diluyó con agua peptonada 1×10^2 , se pasteurizó a 80°C , por 15 min y de la dilución se tomó $1 \mu\text{L}$. Posteriormente se extendió en agar nutritivo y a las 24 horas se procedió a contar las UFC (Carmona, 2002). Se seleccionaron aquellas colonias que presentaron diferentes morfologías, a las cuales se les realizó las pruebas fisicoquímicas para su identificación. La elaboración de los diferentes colorantes, caldos y agares, se procedió según los protocolos establecidos por cada proveedor. Las cepas reactivadas se tiñeron con la técnica de Schaeffer-Fulton para observar diámetro del bacilo y forma de la espora. A cada colonia se le realizó pruebas de crecimiento con NaCl (7.5 %), hidrólisis de almidón, caseína, Voges-Proskauer-RM, citrato, fermentación a la glucosa, arabinosa, manitol, nitrato, catalasa y ureasa (Vos *et al.*, 2009). Con estos resultados se procedió a su identificación de acuerdo al diagrama de flujo de Steffens (2011). Las pruebas de antagonismo (antibiosis o competencia) se realizaron en cajas Petri en medio de agar nutritivo, mediante la siembra en tres puntos de una asada del cultivo bacteriano a 2 cm de la colonia de *Phytophthora* spp. establecida en el centro de la caja. Se midió la respuesta a las 24, 48 y 72 horas determinando el tipo de antagonismo. El micoparasitismo fue evaluado cualitativamente en caldo nutritivo (Zavaleta *et al.*, 1994; Ezzayani *et al.*, 2004).

Resultados y Discusión

Como resultado del aislamiento de *Bacillus* en estiércol bovino se obtuvo un promedio de 35.70×10^5 UFC x gramo de sustrato con una desviación estándar de 14.49. Duran y Henríquez (2007) reportan aislados bacterianos a partir de lixiviados de lombricompostaje de 1.8×10^7 UFC por mL. Referente a las 10 cepas obtenidas se puede decir que en base a las pruebas físico-químicas llevadas a cabo se tienen ocho especies diferentes tal y como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1. Identificación bacteriológica del estiércol vacuno por reacciones físico-químicas.

	Alm	V.P.	Diam	Cit	NaCl	Cat	Mntl	Ara	Ure	Glu	Nit	RM	Col	Especies
V1	+	+	<1	-	+	+	+	-	-	+	V	-	R	<i>B. polymyxa</i>
V2	+	-	>1	-	+	+	-	-	-	+	-	+	R	<i>B. macquariensis</i>
V3	+	+	<1	+	+	+	-	-	-	+	-	-	P	<i>B. licheniformis</i>
V4	+	-	<1	-	+	+	-	-	-	+	+	+	P	<i>B. macquariensis</i>
V5	+	+	>1	-	+	+	+	-	+	-	+	-	P	<i>B. micoides</i>
V6	+	+	<1	-	+	+	-	-	-	+	+	-	P	<i>B. alvei</i>
V7	+	+	<1	-	+	+	-	-	-	+	-	-	R	<i>B. alvei</i>
V8	+	+	>1	+	+	+	-	-	-	+	+	-	P	<i>B. cereus</i>
V9	-	+	<1	-	+	+	-	-	-	+	+	-	R	<i>B. pasteurii</i>
V10	+	+	<1	+	+	+	+	+	-	+	-	-	P	<i>B. subtilis</i>



Alm almidón, V.P. Voges-Proskauer, Diam. Diámetro del bacilo en μm , Cit citrato, NaCl Cloruro de sodio, Cat catalasa, Mntl manitol, Ara arabinosa, Ure ureasa, Glu glucosa, Nit nitrato, RM rojo de metilo, Col R= rizoide P=plana

De las 10 cepas evaluadas contra *Phytophthora* sp cinco presentaron antibiosis, cinco competencias y las diez presentaron micoparasitismo (Tabla 2). Sosa *et al* (2004) con sustratos de estiércol vacuno para aislar *Bacillus* spp, reportaron siete cepas diferentes. Ezzayyani *et al.* (2004), reportan la acción antagónica del *Streptomyces rochei* como control biológico contra *Phytophthora capsici* quien fue visualizado macroscópica y microscópica. Reinoso *et al.* (2006) aislaron bacterias del género *Bacillus* de 98 cepas aisladas con presencia de endosporas, encontraron solamente 7 que presentaron antibiosis.

Tabla 2. Tipos de antagonismo presentes en cepas de estiércol vacuno.

cepas	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Tipo de colonia	R	R	P	P	P	P	R	P	R	P
antibiosis	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+
competencia	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-
micoparasitismo	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-
motilidad	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-
enzimática	+	+	++	+	++	++	+	+	+	++

El género *Bacillus* ha sido evaluado como biocontrolador por diferentes investigadores, Tejera *et al.* (2012), evaluaron su efecto antagónico sobre *Curvularia* sp y *Pyricularia grisea*, mostrando que inhiben su crecimiento en diferentes grados. Corrales *et al.* (2012) estudiaron el efecto biocontrolador de *Bacillus* spp. en plantas de tomillo contra *Fusarium* sp, evaluando el radio de inhibición bajo condiciones de invernadero y Ragazzo, *et al.* (2011) aislaron 50 cepas de *Bacillus* spp., de frutos tropicales y suelo, de los cuales ocho cepas presentaron antibiosis sobre *Colletotrichum* sp. de mango, habiendo obtenido antibióticos de las familias iturina A y surfactinas.

Conclusiones

Las propiedades antagónicas que presentaron las cepas de *Bacillus* obtenidas están relacionados con la forma de la colonia. Así se pudo observar que las de forma rizoide, presentan la propiedad de antibiosis, y no presentan motilidad. Ésta propiedad les permite competir por espacio inhibiendo la presencia del fitopatógeno. Por otro lado las colonias planas presentan la propiedad de competencia por espacio y por nutrientes, ya que presentan flagelos que les permite desplazarse. Mediante microscopia y técnica de tinción se determinó que todas las cepas presentan micoparasitismo pero con mayor presencia en las colonias planas, las cuales a las 24 horas han fragmentado el micelio. La forma rizoide la manifiesta hasta las 48 horas. Lo anterior probablemente se debe a las propiedades enzimáticas como la quitinasa, las proteasas y las glucocinasas. Se recomienda realizar estudios moleculares para llegar a determinar de manera concluyente a las especies y subespecies del género *Bacillus* y seleccionar aquellas más prometedoras para el biocontrol.



Bibliografía

- Albert, L. 2005. Panorama de los plaguicidas en México. séptimo Congreso de Actualización en Toxicología Clínica. Tepic, Nayarit: retel, Revista de Toxicología en línea.
- Backman PA, Wilson MA, Murphy JF. 1997. Bacteria for biological control of plant diseases. Environmentally safe approaches to crop disease control p.95-109. New York, USA: Lewis Publishers.
- Carmona, A. 2002. Aislamiento y caracterización parcial de una cepa de *Bacillus thuringiensis*, toxica a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Bioagro*, Venezuela 14(1): 3-10.
- Carreras SB. 2011. Aplicaciones de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* en el control de fitopatógenos. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 12(2), 129 -133.
- Compant S, Duffy B, Nowak J, Clément C, Barka EA. 2005. “Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects”. *Applied and Environmental Microbiology* 140: 4951-4959.
- Corrales LC, Sánchez LC, Cuervo J, Joya JA, Márquez K. 2012. Efecto biocontrolador de *Bacillus* spp., frente a *Fusarium* sp., bajo condiciones de invernadero en plantas de tomillo (*Thymus vulgaris* L.). *Nova Publicación Científica en Ciencias Biomédicas* ISSN 1794-2470. Vol. 10 No. 17.
- Duran L, Henríquez C., 2007. Caracterización Química, Física y Microbiológica de Vermicompostaje producido a partir de Cocco Sustrato Orgánico. *Agronomía Costarricense*. 31(1): 41-5.
- Ezziyyan, M. Pérez S.C. Requene, M.E. Rubio, L. y Candela, M.E., 2004. Biocontrol por *Streptomyces rochei*-Ziyani, de la podredumbre del pimiento (*Capsicum annuum* L) causada por *Phytophthora capsici*. *Anales de Biología* 26, 69-78.
- Osorio, HE., Rodríguez, HR., Hernández, CFD. 2009. *Trichoderma* spp, una alternativa para el control de hongos fitopatógenos. *CIENCIACIERTA*, 17, S/N.
- Ragazzo SJA, Robles CA, Lomelí GL, Luna SG, Calderon SM. 2011. Selección de Cepas de *Bacillus* spp. Productoras de Antibióticos Aislados de Frutos Tropicales. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17 (Especial 1): 5-11.
- Reinoso, P.Y. Casadesús, R.L. García, S.A. Gutiérrez P.J. Pazos, A-R.V., 2006. Aislamiento, Selección e identificación de Bacterias del Género *Bacillus* antagonista de *Pectobacterium carotovorum*. *Fitosanidad*, Vol. 10, núm. 3, pp. 187-191.
- Rojas, SD, Contreras PM, Santoyo G. 2013. Mecanismo de estimulación del crecimiento vegetal en bacterias del género *Bacillus*. *Revista de las DES Ciencias Biológicas Agropecuarias, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*. 15(2): 36-41.
- Sosa BM, Castillo CC, Scorza J. 2004. Actividad Inhibitoria de Cepas del Género *Bacillus* spp Contra Dermatofitos. *Rev. Soc. Ven. Microbiol.* V 24 n-1-2.
- Steffens 2011. Tim Steffens universidad de Idaho <http://www.uidaho.edu/>.
- Tejera, B, Heydrich, M, Rojas, M. 2012. Antagonismo de *Bacillus* spp. Frente a hongos fitopatógenos del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Rev Protección Veg.* Vol. 27 No. 2: 117-122
- Vos, P, Garrity G, Jones D, Krieg NR, Ludwig W, Rainey FA, Schleifer K, Whitman W (eds). 2009. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Second Edition. Volume 3: The firmicutes. 1450 p.
- Zavaleta, E. 1994. Control biológico de fitopatógenos. *Memorias V Curso de Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. Pp. 115-125.





DETERMINACIÓN DEL DESPRENDIMIENTO DE CO₂ COMO INDICADOR DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA DE DIFERENTES ABONOS ORGÁNICOS

Zeferino Vicente-Hernández¹, Gerardo Sergio Benedicto-Valdés², José Concepción García-Preciado³

¹Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. Texcoco de Mora, Estado de México. México.

²Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. Texcoco de Mora, Estado de México. México.

³Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. Texcoco de Mora, Estado de México. México.

*Autor para correspondencia: vicente.zeferino@colpos.mx

Resumen

La presente investigación se realizó en el laboratorio de física de suelos del Colegio de Postgraduados Campus Montecillos, donde el objetivo principal de este trabajo fue estudiar la respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en diferentes abonos orgánicos (bovino, caprino y gallinaza), en suelo franco arcilloso arenoso (54% arena, 23% limo y 23% arcilla), la incorporación de los abonos orgánicos se hicieron en parcelas de 3x3 m, en el cual se aplicaron dosis de 2.5% y 5% a una profundidad de 30 cm respectivamente. Los parámetros evaluados fueron pH (extracto acuoso relación 1:2, 1:5 y 1:10); conductividad eléctrica (extracto 1:5) mediante conductivímetro (Ansorena, 1994); contenido de materia orgánica (MO) del suelo con diferentes mezclas (Walkley y Black, 1934) en base a los resultados de la MO mediante el factor de Van Bemmelen = 1.724; el nitrógeno total (N) por el método de Kjeldahl (NOM-021-RECNAT-2000). Las unidades experimentales correspondieron a frascos de vidrio de 1000 ml. Los sustratos fueron humedecidos al 30% de su capacidad de retención hídrica durante el inicio y el término del ensayo. La incubación se realizó en la oscuridad y a temperatura ambiente con 3 repeticiones. Los resultados mostraron que el mayor desprendimiento de CO₂ se encontró en el tratamiento de bovino 2.5% y 5% (509 mg) y gallinaza en dosis del 5 y 2.5% con (349 y 251 mg) a los 62 días de incubación, mientras que el menor desprendimiento se encontró en caprino en dosis de 5 y 2.5% (220 y 233 mg). La mayor tasa de mineralización en los tratamientos a los 62 días de incubación se encontró en bovino en dosis del 2.5% y 5% con 163 y 160% de mineralización y en los demás tratamientos tuvieron menor tasa de mineralización.

Palabras claves

Abonos orgánicos, mineralización, incubación.

Introducción

La descomposición de la materia orgánica es un proceso ecosistémico mediado por organismos heterótrofos que utilizan al material orgánico muerto o detritus como hábitat y fuente de carbono y energía, este gas se produce, fundamentalmente, a través del metabolismo de la microflora y de las raíces de la planta, siendo la descomposición microbiana de compuestos orgánicos el proceso más importante que lo genera. Durante la descomposición de la materia orgánica del suelo, los nutrientes orgánicos se convierten en formas inorgánicas disponibles para las plantas. Esta conversión se conoce como mineralización (Steubing *et al.*,



2001), una parte del carbono es devuelto a la atmósfera en forma de CO₂, mientras que otra se transforma en otros compuestos más sencillos o se almacena en las propias estructuras microbianas (Pérez *et al.*, 1998). Las tasas de descomposición y liberación de los nutrientes están determinadas por la calidad de la materia orgánica. La calidad del material vegetal es definida por los constituyentes orgánicos y los contenidos de nutrientes. Mientras que la calidad del carbono de un material orgánico depende de las proporciones del carbón soluble; en este caso localidad se refiere a la energía disponible para los organismos descomponedores (Sánchez *et al.*, 2008). Durante las etapas iniciales de la descomposición de los materiales orgánicos recientemente incorporados hay un rápido aumento en el número de organismos heterótrofos, acompañado por la emisión de grandes cantidades de CO₂ (Havlin *et al.*, 1999). De esta manera la actividad microbiológica global también puede ser considerada como el reflejo del nivel energético de un medio dado. El objetivo principal de este trabajo fue estudiar la respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en diferentes abonos orgánicos (estiércoles de caprino, gallinaza y bovino).

Materiales y métodos

Para la realización de este ensayo se utilizaron diferentes abonos orgánicos (bovino, caprino y gallinaza), en suelo franco arcilloso arenoso (54% arena, 23% limo y 23% arcilla), la incorporación de los abonos orgánicos se hicieron en parcelas de 3x3m, en el cual se aplicaron dosis al 2.5% y 5% de abonos orgánicos a una profundidad de 30cm respectivamente; estas dosis se establecieron con el fin de conocer el desprendimiento de CO₂ en los diferentes abonos orgánicos. Se evaluaron varios parámetros como son, pH (extracto acuoso relación 1:2, 1:5 y 1:10); conductividad eléctrica (extracto 1:5) mediante conductivímetro (Ansorena, 1994); contenido de materia orgánica (MO) del suelo con diferentes mezclas (Walkley y Black, 1934), con base a los resultados de la MO, mediante el factor de Van Bemmelen = 1.724, el nitrógeno total (N) por el método de Kjeldahl (NOM-021-RECNAT-2000), dichos análisis se efectuaron en el laboratorio de física de suelos del Colegio de Postgraduados Campus Montecillos. Las propiedades químicas de los diferentes materiales orgánicos utilizados con mezclas de suelo se muestran en el cuadro 1. La variable evaluada fue el desprendimiento de CO₂ durante 62 días de incubación. Las unidades experimentales correspondieron en frascos de vidrio de 1000 mL. Todos los sustratos fueron humedecidos al 30% de su capacidad de retención hídrica durante el inicio y el término del ensayo. La incubación se realizó en la oscuridad y a temperatura ambiente con 3 repeticiones. El desprendimiento de CO₂ se midió cada tres días durante un mes, el resto de incubación se realizó cada cuatro días ya que comenzaron a observar cambios no muy notorios. Se usó el método de incubación en medio cerrado con 5 ml de NaOH 1 N descrito por Anderson (1982) La cantidad de CO₂ adsorbido es equivalente a la cantidad de NaOH consumido.

Cuadro 1. Propiedades químicas de los diferentes abonos orgánicos.

	pH	CE	CO	MO	NT	C/N
	dS m ⁻¹	%	%	%	%	%
Caprino 5%	7.7	3.4	1.31	2.26	0.08	16.4
Caprino 2.5%	7.9	2.9	1.56	2.69	0.14	10.9
Gallinaza 5%	7.9	3.5	1.51	2.60	0.14	10.7
Gallinaza 2.5%	7.8	1.7	1.33	2.29	0.12	10.9
Bovino 5%	8.0	4.3	2.09	3.61	0.16	13.0
Bovino 2.5%	8.0	3.7	2.05	3.54	0.17	11.9
Testigo	7.7	0.9	1.01	1.75	0.11	9.2

CE= conductividad eléctrica, CO= carbono orgánico, MO= materia orgánica NT= nitrógeno total y C/N= relación carbono nitrógeno.



La mineralización representa la eficiencia de los materiales utilizados para mineralizarse en un tiempo determinado, dado porcentaje de carbono en miligramos por unidad de tiempo (% C-CO₂ mg).

$$PM = (A - COS) / COM$$

Dónde: PM = porcentaje de mineralización. A = acumulado de CO₂. COT = porcentaje de carbono orgánico en suelo. COM = porcentaje de carbono orgánico en cada muestra.

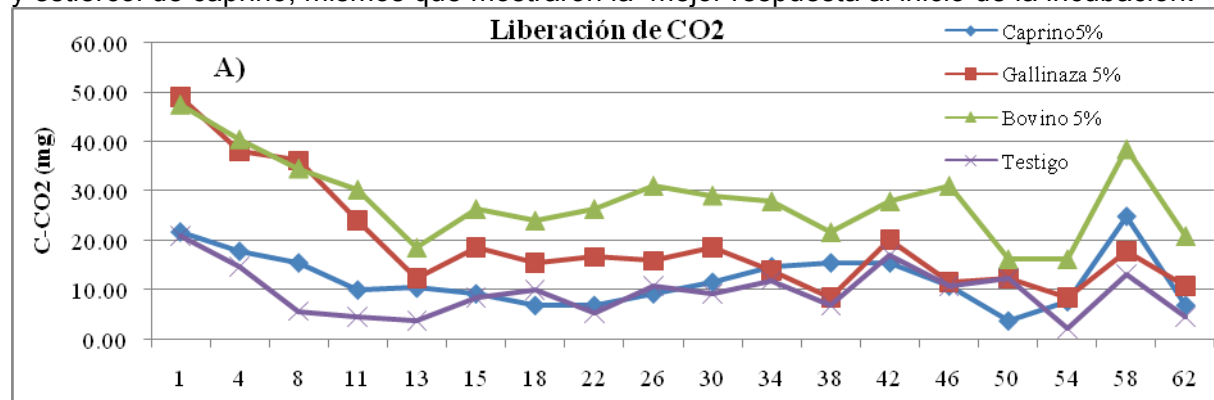
Resultados y Discusiones

Evolución de dióxido de Carbono (CO₂) de los abonos Orgánicos

En la figura 1 se muestran los resultados del desprendimiento de CO₂ de los diferentes abonos orgánicos a diferentes dosis A) 5% y B) 2.5%. Los resultados en los diferentes abonos orgánicos mostraron diferentes comportamientos en los primeros 8 días, esto se debe, a que, en los primeros días de incubación la liberación de CO₂ fue mayor debido a la presencia de microorganismos que degradan las fracciones muy lábiles de la MO (proteínas y azúcares), esto depende de la MO (Lerch *et al.*, 1992). En las dos diferentes dosis (5% y 2.5%) en los abonos y bovino mostraron el mayor desprendimiento de CO₂ durante toda la evaluación (Figura 1), mientras que en caprino (5% y 2.5%) mostro el menor desprendimiento de CO₂, esto se le puede atribuir a que este material orgánico tuvo un proceso de compostaje previa a su utilización, mientras que el resto de los materiales no lo tuvieron. Al inicio de la se observó mayor variación en la liberación de CO₂, producto de la actividad de los microorganismos que degradan las fracciones lábiles (Lerch *et al.*, 1992).

Acumulación de CO₂ en diferentes abonos orgánicos

Los tratamientos que no tuvieron ningún proceso de descomposición anterior (compostaje) a la incubación, fueron los que desprendieron mayor cantidad de CO₂, el tratamiento que obtuvo el mayor desprendimiento fue el de bovino en dosis del 2.5% y 5% (509 mg) para ambos cacos, seguido de gallinaza 2.5% y 5% (251 y 349 mg) a los 62 días de incubación. Contreras *et al.*, (2006) obtuvieron los mismos resultados en diferentes materiales orgánicos como son gallinaza y estiércol de caprino, mismos que mostraron la mejor respuesta al inicio de la incubación.



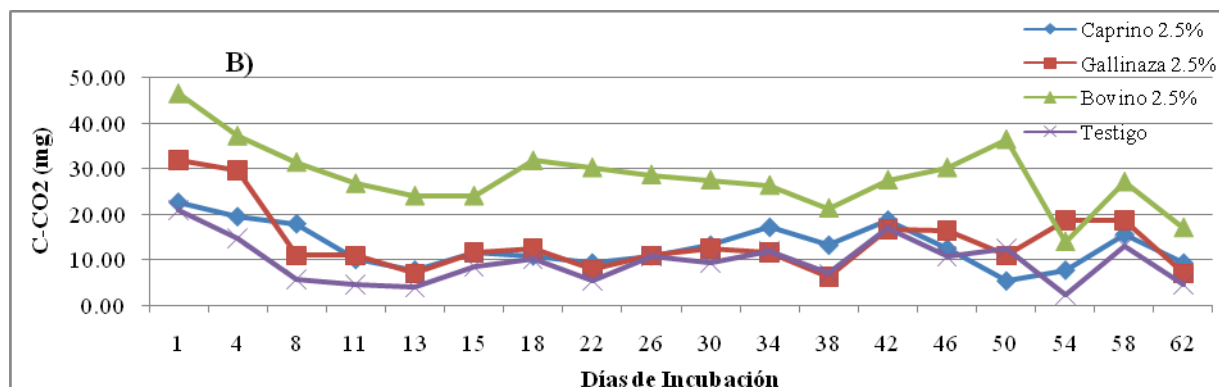


Figura 1. Desprendimiento de C-CO₂ de diferentes abonos orgánico, A) 5% y B) 2.5%.

Porcentaje de mineralización

La tasa de mineralización relativa dependió de la acumulación de carbono en el tiempo y su tendencia fue decreciente para los tres tratamientos (bovino, caprino y gallinaza), ya que a medida que transcurrían los días el carbono se fue agotando en los diferentes tratamientos. En la Figura 2 se muestran los resultados de la tasa de mineralización a los 62 días de incubación de los diferentes abonos orgánicos, en el cual se puede apreciar que el tratamiento de bovino 2.5% y 5%, presento la mayor tasa de mineralización (163 y 160%), seguido de gallinaza 5% y 2.5% con (116 y 58%). Mientras que el tratamiento caprino 2.5% y 5% con 37 y 35% de mineralización. Ayuso *et al.* (1996), indican que mientras más estable es la materia orgánica, la emisión de CO₂ y la actividad microbiana son menores.

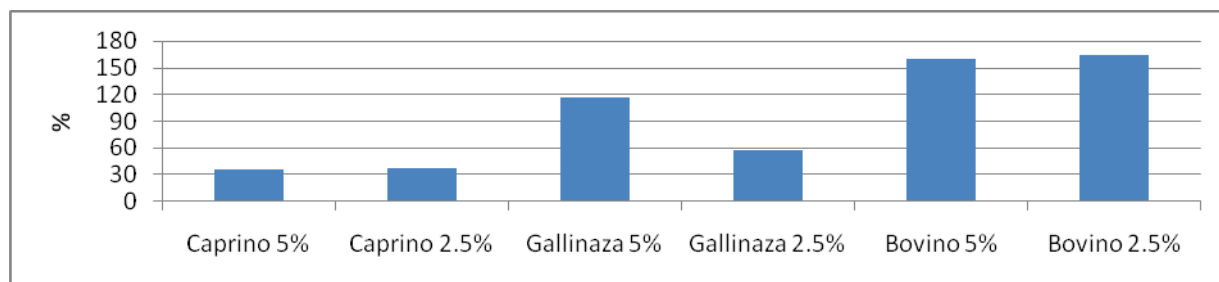


Figura 2. Tasa relativa de mineralización de los diferentes abonos orgánicos de 62 días de incubación.

Conclusión

La liberación de CO₂ en los primeros 8 días de incubación de los tratamientos fue mayor, debido a la presencia de microorganismos que degradan las fracciones muy lábiles de la MO (proteínas y azúcares). Los tratamientos que no tuvieron ningún proceso previo de descomposición (compostaje) a la incubación desprendieron mayor cantidad de CO₂. Se observó una variación de CO₂ en los diferentes materiales orgánicos al inicio de la incubación debido a la presencia de la actividad de microorganismos degradadoras de fracciones lábiles (proteínas y azúcares). La tendencia de la tasa de mineralización fue decreciente para los tres



tratamientos (bovino, gallinaza y caprino). La mayor tasa de mineralización en los tratamientos a los 62 días de incubación se encontró en bovino en dosis del 2.5% y 5% con 163 y 160% de mineralización.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo al M. C. Francisco Landeros Sánchez y Silvia Ayala Delgadillo encargadas del Laboratorio de Física de Suelos por proporcionarnos su ayuda con los materiales y equipos utilizados en esta investigación. En especial al Dr. Gerardo Sergio Benedicto Valdés, por el gran aporte a este trabajo.

Bibliografía

- Acosta, Y., J. Cayama, E. Gómez, N. Reyes, D. Rojas y H. García. 2006. Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. *Multiciencias* 6: 220-227.
- Ansorena, M., 1994. Sustratos propiedades y caracterización. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Ayuso, M., J. A. Pascual, C. García, and T. Hernández. 1996. Evaluation of urban wastes for agricultural use. *SoilSci. PlantNutr.* 42: 105-111.
- Contreras, F., J. Paolini y C. Rivero. 2006. Efecto de la adición de enmiendas orgánicas sobre la cinética de la mineralización del carbono en suelos del municipio Rivas Dávila, estado Mérida, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 31: 37-52.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 1999. *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management*. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, USA.
- Lerch, R. N., K. A. Barbarick, L. E. Sommers, and D. G. Westfall. 1992. Sewage sludge proteins as labile carbon and nitrogen sources. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 56: 1470-1476.
- Pérez B., P., G. Ouro, A. Merino y F. Macías. 1998. Descomposición de materia orgánica, biomasa microbiana y emisión de CO₂ en un suelo forestal bajo diferentes manejos sevícolas. *Edafología* 5: 83-93.
- Sánchez, S., G. Crespo, M. Hernández y Y. García. 2008. Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. *PastosForrajes* 31: 99-108.
- Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.





PREACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS DE ALGODONERO (*Gossypium herbaceum* L.) Y SU EFECTO EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS

Villa-Castorena M.M.^{1*}, Catalán-Valencia E. A.¹, Inzunza-Ibarra M.A.¹, Román-López A.¹, Macías-Rodríguez H.¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID RASPA INIFAP). Gómez Palacio, Dgo. México.

*Autor responsable: villa.magdalena@inifap.gob.mx. Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo, México. 35140. Tel. +52(871)-159-0104

Resumen

En el presente estudio se evaluó la respuesta del crecimiento y rendimiento de plantas de algodón a diferentes tratamientos de pre acondicionamiento de las semillas. Se llevó a cabo en el CENID-RASPA del INIFAP en Gómez Palacio, Durango, bajo condiciones de invernadero. El pre acondicionamiento se llevó a cabo con NaCl, Ácido giberélico (AG) y Glicina betaina (Gb) a dos concentraciones cada sustancia y dos tiempos de inmersión de la semilla. También se contó con dos testigos, uno de ellos sin pre acondicionamiento y manejado bajo las mismas condiciones de estrés hídrico de los tratamientos, y el otro sin pre acondicionamiento y sin restricción de humedad. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. El trabajo se llevó a cabo en macetas de plástico negro de 20 L de capacidad llenas con una mezcla de turba, perlita y vermiculita, se utilizó la variedad transgénica FM11740B2F. Los resultados señalaron que los tratamientos de pre acondicionamiento afectaron al área foliar (AF), peso seco de la raíz (PSR), peso seco del vástago (PSV) y el rendimiento de fibra. El AF y PSR fueron superiores en los tratamientos con pre acondicionamiento de semillas con respecto al testigo manejado bajo condiciones de estrés hídrico. El PSV más alto se manifestó en los tratamientos con NaCl. La mayoría de los tratamientos de pre acondicionamiento mostraron mayor rendimiento que el testigo con estrés hídrico. Se encontraron evidencias que el pre acondicionamiento de las semillas beneficia al crecimiento y rendimiento de la planta.

Palabras clave

NaCl, ácido giberélico, glicinebetaina, rendimiento

Introducción

El pre acondicionamiento de semillas puede ser usado para inducir la tolerancia a la sequía en plantas. Este consiste en la inmersión de las semillas en sustancias químicas durante cierto período de tiempo, con o sin deshidratación previa a la siembra (Khan, 1992; Welbaum *et al.*, 1998; Sánchez y Orta, 2001; Farooq *et al.*, 2010). El pre acondicionamiento permite que una gran proporción de las semillas alcance rápidamente el mismo nivel de humedad y un estado fisiológico. Lo cual activa el aparato metabólico relacionado con el proceso pre germinativo y la



auto reparación enzimática de las membranas celulares (Beck *et al.*, 2007; Balaguera-López *et al.*, 2009; Dursum y Ekinci, 2010). El resultado del pre acondicionamiento de semillas con sustancias químicas en el desarrollo de la plantas es afectado por una serie de factores. Entre los que destacan la especie, la sustancia química usada, el potencial osmótico, el tiempo de inmersión de las semillas, la temperatura de la solución y el vigor de la semilla (Killian y Tapia, 2002; Lee *et al.*, 2002; Caseiro *et al.*, 2004). El cultivo del algodón fue el principal cultivo en la Región Lagunera hasta la década de los 90's, sin embargo su superficie ha ido a la baja debido a diversos factores. Entre los que se encuentra la escasez de agua que impera en la región como consecuencia de la baja precipitación. Sin embargo, es un cultivo atractivo desde el punto de vista económico ya que cuenta con apoyos económicos directos del gobierno federal; además de que es un cultivo que genera empleo pues requiere de mano de obra para llevar a cabo las prácticas agronómicas para su desarrollo. El propósito del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes tratamientos de pre acondicionamiento de las semillas mediante el uso de sustancias químicas a diferentes potenciales osmóticos y tiempos de inmersión sobre el crecimiento y rendimiento de plantas de algodón.

Materiales y Métodos

El presente estudio se llevó a cabo en un invernadero en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID RASPA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Gómez Palacio, Durango. Se estudiaron diez tratamientos de pre acondicionamiento a la semilla y dos testigos, uno de ellos fue sin pre acondicionamiento y el otro testigo fue sin pre acondicionamiento y sin restricción de humedad. Esos tratamientos se describen en el Cuadro 1 y se definieron con base en resultados de estudios previos sobre sustancias, potenciales osmóticos y tiempos de inmersión de la semilla. Se utilizó un diseño en bloques al azar con 12 tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de cuatro macetas por tratamiento.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados con las sustancias, dosis y tiempo de inmersión.

Tratamiento	Sustancia Química	Potencial osmótico o concentración	Tiempo de inmersión (h)
T1	NaCl	0.3 MPa	12
T2	NaCl	0.3 MPa	24
T3	NaCl	0.5 MPa	12
T4	NaCl	0.5 MPa	24
T5	Ácido giberélico (AG)	250 mg L ⁻¹	12
T6	Ácido giberélico (AG)	250 mg L ⁻¹	24
T7	Glicina betaina(GB)	25 mM	12
T8	Glicina betaina(GB)	25 mM	24
T9	Glicina betaina(GB)	50 mM	12
T10	Glicina betaina(GB)	50 mM	24
T11	Testigo (sin tratar)		
T12	Testigo (sin tratar y sin restricción de humedad).		

Las semillas se trataron con las sustancias químicas de acuerdo a cada tratamiento establecido. Transcurrido el tiempo de inmersión de las semillas, éstas se secaron a



temperatura ambiente y se sembraron en macetas de plástico negro llenas con una mezcla húmeda de turba, perlita y vermiculita (70, 15, 15, v:v:v), la capacidad de las macetas fue de 20 L. Se utilizó la variedad transgénica FM11740B2F. Las plantas se regaron cuando el sustrato tenía del 25 al 30% de la capacidad máxima de retención de humedad. Esto con el fin de que las plantas estuvieran bajo una condición de estrés hídrico. El tratamiento T12 correspondiente al testigo sin pre acondicionamiento y sin restricción de agua, se estuvo regando cuando la capacidad de retención de humedad del sustrato fue del 70 al 75%. Las plantas se empezaron a fertilizar cuando tuvieron dos hojas verdaderas con una solución nutricional equilibrada de 15 meq L⁻¹ de aniones y cationes. Esto se hizo con una frecuencia de cada diez días y se aplicó un 15% más del agua requerida para evitar la salinización del sustrato. Se hicieron dos muestreos destructivos a los 50 y 110 días después de la siembra. Se registró el área foliar, peso seco de la parte aérea y raíz y rendimiento de fibra con semilla (dos cosechas). Estas mediciones se hicieron en cada tratamiento y en las cuatro repeticiones. Los datos obtenidos se analizaron mediante el análisis de varianza, usando el programa SAS (SAS, Institute, 2002) según el modelo lineal general y la separación de medias se hizo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

Área foliar (AF). El análisis estadístico para la variable AF por planta en los dos muestreos indicó efectos altamente significativas para los tratamientos evaluados ($P < 0.0001$). En el primer muestreo, todos los tratamientos de preacondicionamiento produjeron similar AF y ellos no fueron estadísticamente diferentes al testigo bajo condiciones de estrés (T11), pero sí lo fueron al testigo húmedo (T12, Figura 1). En el segundo muestreo, con excepción del T10, todos los tratamientos superaron al T11, ellos no fueron estadísticamente diferentes entre sí (Tukey = 0.05). En promedio mostraron un 11% más de AF que el T11, pero tuvieron un 74% del AF del testigo T12. El testigo T11 mostró un 66% del AF producido en el T12.

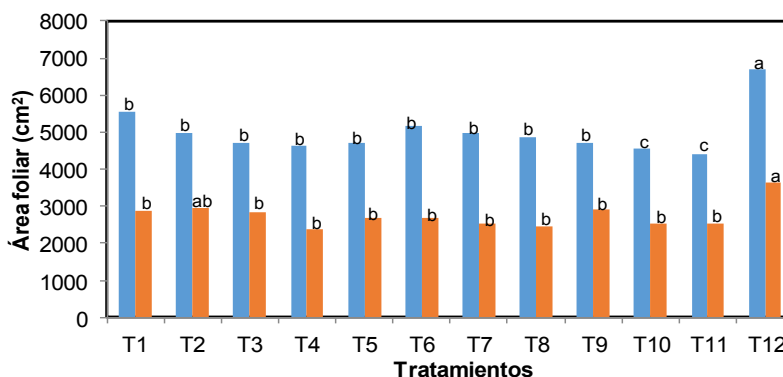


Figura 1. Área foliar por planta en dos fechas de muestreo en cada tratamiento evaluado. Medias con la misma letra dentro de cada muestreo no son estadísticamente diferentes (Tukey = 0.05).

Peso seco. El efecto de los tratamientos en el peso seco de la raíz (PSR) y del vástago (PSV) en los dos muestreos fue significativo ($P < 0.01$). En el primer muestreo, el PSR de los tratamientos T1 y T2 fue superior significativamente que el del testigo T11, indicando un efecto



positivo del pre acondicionamiento. El testigo húmedo, T12, también superó al T11 (Cuadro 2). En el segundo muestreo, con excepción de los tratamientos T5 y T7, todos los tratamientos de pre acondicionamiento promovieron mayor PSR que el testigo T11, con el mayor valor de PSR en el T1, el cual fue estadísticamente similar al del testigo sin restricción de humedad. Con respecto al PSV, los efectos más claros del efecto del pre acondicionamiento fueron en el segundo muestreo. Cuando los tratamientos T1, T2 y T3, los cuales no fueron estadísticamente diferentes entre ellos, mostraron el PSV más alto con respecto al resto de los tratamientos de pre acondicionamiento. Ellos fueron superiores al testigo T11 en un 15% y representaron en promedio el 66% del PSV del testigo húmedo (T12).

Cuadro 2. Medias del peso seco del vástago la raíz en cada tratamiento evaluado.

Trat.	Peso seco de la raíz (g)		Peso seco del vástago (g)	
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 1	Muestreo 2
T1	3.38 a	7.23 a	27.1 ab	91.2 b
T2	3.36 a	6.88 ab	29.0 a	83.9 b
T3	2.89 b	6.43 ab	27.2 ab	82.4 b
T4	2.64 b	6.38 ab	22.7 c	78.3 c
T5	2.53 b	5.78 b	23.3 c	72.7 c
T6	2.36 b	6.30 ab	22.1 c	76.5 c
T7	2.39 b	5.90 b	21.3 c	78.0 c
T8	2.84 b	6.80 ab	21.3 c	75.0 c
T9	2.74 b	6.45 ab	25.1 ab	77.8 c
T10	2.53 b	6.83 ab	22.3 c	75.2 c
T11	2.89 b	6.08 b	25.8 ab	74.9 c
T12	3.22 a	7.75 a	28.2 a	130.4 a

[†]Medias con la misma letra entre columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey = 0.05).

Rendimiento. El efecto de los tratamientos en el rendimiento de fibra con semilla fue significativo ($P < 0.003$). Con excepción del T6, todos los tratamientos superaron al testigo T11 (Figura 2). Con los rendimientos más altos con los T1 y T2, los cuales en promedio superaron en un 43% al T11 y fueron similares al testigo T12.

Conclusiones

Los tratamientos de pre acondicionamiento a la semilla de algodón evaluados afectaron al crecimiento y rendimiento de las plantas. El AF y peso seco de la raíz fue superior en los tratamientos con pre acondicionamiento de semillas con respecto al testigo manejado bajo las mismas condiciones de humedad del sustrato. El PSV más alto se manifestó en los tratamientos T1, T2 y T3. Con excepción del T6, todos los tratamientos de pre acondicionamiento mostraron mayor rendimiento que el testigo T11. Se encontraron evidencias que el pre acondicionamiento de las semillas beneficia al crecimiento y rendimiento de la planta; sin embargo se requiere de mayor investigación.

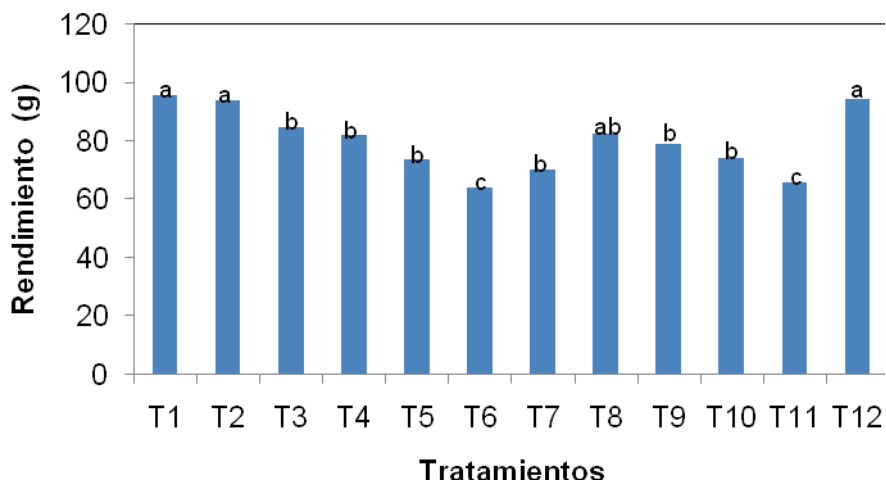


Figura 2. Rendimiento de dos cosechas de algodón con semilla en cada tratamiento evaluado. Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey = 0.05).

Bibliografía

- Balaguera-López, H.E., Cárdenas-Hernández, J.F. and Álvarez-Herrera, J.G. 2009. Effect of gibberellic acid (ga_3) on seed germination and growth of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Acta Hort. (ISHS) 821:141-148. http://www.actahort.org/books/821/821_15.htm.
- Beck E H, Fettig S, Knake C, Hartig K and Bhattarai T. 2007. Specific and unspecific responses of plants to cold and drought stress; *J. Biosci.* 32:501-510.
- Caseiro R., M. Bennet and J. Marcos-Filho. 2004. Comparison of three priming techniques for onion seed lots differing in initial quality. *Seed Sci. and Tech.* 32:365-375.
- COVECA 2011. Monografía del frijol. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. Estado de Veracruz: pp.1-25.
- Farooq M., A. Wahid, N. Ahmad, and S. P. Asad. 2010. Comparative efficacy of surface drying and re-drying seed priming in rice: changes in emergence, seedling growth and associated metabolic events. *PaddyWaterEnviron.* 8: 15-22.
- Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. Department of Horticultural Sciences. (14): 131-181. New York State Agricultural Experiment Station, Cornell University. Geneva, NY., USA.
- Killian, S. and A.M. Tapia. 2002. Efecto de tratamientos de pregerminación sobre la germinación y el crecimiento de *Prosopis chilensis* (Moll.) Stuntz. Primeras Jornadas Universitarias de Ingeniería: 55-56.
- Lee, S.Y., J.H. Lee and T.O. Kwon. 2002. Varietal differences in seed germination and seedling vigor of Korean rice varieties following dry heat treatments. *Seed Sci. Technol.*, 30: 311-321.
- Sánchez, J. A.; R. Orta, 2001. "Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola." *Agronomía Costarricense* 25(1): 67-92.
- Statistical Analysis System (SAS). 2002. Statistical Analysis System, v. 9.0. Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Welbaum, G. E., Z. Shen, M. O. Oluoch, L. W. Jett. 1998. The evolution and effects of priming vegetable seed. *Seed Technology* 20:209-235.





EFFECTO DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN PLANTAS DE CHILE HABANERO

Yam-Chimal, C.^{1*}; Borges-Gómez, L.¹; Reyes-Ramírez, A.¹; Noh-Medina, J.²

¹ Instituto Tecnológico de Conkal. Conkal, Yucatán. México.

² Instituto Tecnológico de Tizimín. Tizimín, Yucatán. México.

*Autor responsable: carmita_49@hotmail.com; Calle **Km 16.3 antigua carretera Mérida-Motul** Conkal, Conkal, Yucatán. México. CP 97345; Tel. +52(999)-912-4130 ext. 125

Resumen

Las rizobacterias solubilizadoras de fosfato son bacterias que viven en el área de las raíces y algunas tienen la capacidad de mejorar el crecimiento de las plantas. El empleo de las rizobacterias solubilizadoras de fosfato podría mejorar la disponibilidad del fósforo y otros nutrientes en el suelo así como el uso eficiente de los fertilizantes. En el presente trabajo se emplearon nueve rizobacterias solubilizadoras de fosfato aisladas en el cultivo de chile habanero más un testigo. Las plántulas de chile habanero fueron inoculadas con las rizobacterias antes de su establecimiento en invernadero. Las variables altura, diámetro del tallo, peso fresco y seco fueron evaluadas en tres etapas de crecimiento de las plantas (60, 90 y 120 días después del trasplante). Los resultados obtenidos muestran que de las nueve cepas rizobacterianas utilizadas solo dos cepas (KCH4 y TSBPOLCH5) influyeron en casi todas las variables de crecimiento en las plantas de chile habanero, otros tratamientos fueron significativos en uno o dos variables. La respuesta de estas cepas se podrían deber a la solubilización de fosfato y a la producción de AIA. Estas las cepas KCH4 y TSBPOLCH5 podrían emplearse para el crecimiento de plantas de chile habanero.

Palabras clave

Rizobacterias; Solubilización de fosfato; Chile habanero

Introducción

La mayor parte de los suelos de la península de Yucatán suelen tener alto contenido de calcio por lo tanto poseen características alcalinas (Bautista *et al.*, 2003). La alcalinidad que presentan estos suelos ocasionan problemas de disponibilidad de nutrientes en el suelo tal es el caso del fósforo. El fósforo es uno de los nutrientes de mayor importancia en la nutrición de las plantas, este nutriente forma parte de ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, así como de moléculas energéticas (ATP, ADP, AMP) también cumple funciones fisiológicas muy importantes en las plantas como la formación de raíces, floración, fructificación y maduración de frutos (Taiz and Zeiger, 2007). Una alternativa para mejorar la disponibilidad del fósforo en los suelos de la Península de Yucatán sería el empleo de microorganismos capaces de solubilizar el fósforo del suelo, como son el caso de algunas rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en inglés) que tienen la capacidad de solubilizar el fosfato mediante la producción de ácidos orgánicos (Hilda and Fraga 2000; Espinosa y Paredes 2010). Varios trabajos indican que el uso de rizobacterias solubilizadoras de fosfato en suelos



con problemas de disponibilidad de fósforo estimulan el crecimiento de las plantas (Sundaraet al., 2002; Singet al., 2010). Otras investigaciones relacionas con las PGPR revelan que la estimulación del crecimiento de las plantas no se debe a un sólo mecanismo, sino de la mezcla de los mecanismos directos (síntesis de fitohormonas, solubilización de fosfato, producción de sideróforos) e indirectos (resistencia sistémica, producción de antibióticos, etc.) de las PGPR (Banerjeeet al., 2010; Ashrafuzzamanet al., 2009).

Materiales y Métodos

En este ensayo se emplearon nueve cepas de rizobacteriasolubilizadoras de fosfato aisladas en el cultivo de chile habanero más un testigo. En base a trabajos previos todas las rizobacteriasempleadas en esté trabajo tienen la capacidad de solubilizar fosfato *in vitro*, cuatro de éstas mismas aparte de que solubilizan fosfato sintetizan ácido indolacético (AIA) *in vitro* (TSBPOLCH5, TSBPENCH6, KCH2 y KCH4). Las rizobacteriasempleadaspertenece a la colección del Instituto Tecnológico de Tizimín. Los tratamientos fueron distribuidos en un arreglo experimental de bloques completos al azar, utilizando como unidad experimental una planta con tres repeticiones. La textura del suelo donde se estableció el cultivo es franco-limosa, la densidad aparente fue 0.89 g cm³, la densidad real de 2.10 cm³, pH 7.02, la materia orgánico fue 9.96 % y la capacidad de intercambio catiónico 38.51 meq 100g; en el Cuadro 1 se expone el contenido de nutrientes del suelo antes del establecimiento de las plantas en el invernadero.

Cuadro 1. Contenido de nutrientes del suelo antes del establecimiento del cultivo

N _t	P _{sol.}	K	Na	Ca	Mg	P	Cu	Fe	Zn	Mn
(%)	(mg L ⁻¹)	Intercambiables (mg kg ⁻¹)				Extraíbles (mg kg ⁻¹)				
0.66	0.04	1,531.	497.3	5,734.	634.5	109.1	0.63	5.6	3.6	10.
		9		8						6

N_t; Nitrógeno total, P_{sol.}; fósforo soluble

El pH del agua de riego fue de 7.63, la CE de 1.31, el contenido de bicarbonatos fue de 370.22, el contenido de cloruros fue de 199.03, el contenido de sulfatos fue de 421.36 mg L⁻¹, el contenido de Ca, Mg y Na fueron 109.81, 48.85 y 108.16 mg L⁻¹ respectivamente. Las semillas de las plántulas empleadas en este trabajo fueron inoculas con lostratamientos utilizados en éste experimento, antes del trasplante las plántulas fueronreinoculadasa una dosis de 5 mLpor planta conteniendo aproximadamente 10⁷ UFC mL⁻¹. El muestreo de las variables de la altura de las plantas, diámetro del tallo; peso fresco y seco se llevaron a cabo a los 60, 90 y 120 DDT (días después del trasplante) y los datos fueron obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y la comparación de medias por el método LSD (p≤0.05).

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos de la inoculación de las plantas de chile habanero a los 60 DDT, mostraron un incremento significativo en el diámetro del tallo empleando las cepas KCH4, TSACH2, TSBPOLCH5, TSBPENCH6 y KCH5 en 22.58, 18.28, 15.05, 15.05 y 15.05 %, en cuanto a la variable altura los incrementos fueron dados por las cepas KCH5, TSBPOLCH1 y TSACHA2 mejorando de 25.22, 14.96 y 12.82 % respectivamente. En esta etapa también se



observó un incremento significativo de la biomasa fresca de las plantas utilizando los tratamientos KCH4 y TSACH2 de 75.55 y 49.89 %; en cuanto a la biomasa seca las cepas KCH4, TSACH2, TSBPOLCH1 y KCH5 incrementaron en 63.31, 42.96, 37.70 y 33.86 % respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de la inoculación de las rizobacterias sobre el crecimiento de plantas de chile habanero a los 60 DDT.

Tratamientos	Diámetro (cm)	Altura (cm)	biomasa fresca (g)	biomasa seca (g)
TSB POL CH1	1.00 ($\pm$ 0.00) ^{bc}	89.67 ($\pm$ 2.08) ^{ab}	172.67 ($\pm$ 9.24) ^{bc}	32.21 ($\pm$ 5.03) ^{ab}
TSB POL CH5	1.07 ($\pm$ 0.06) ^{ab}	85.00 ($\pm$ 10.15) ^{bcd}	177.00 ($\pm$ 40.71) ^{abc}	29.88 ($\pm$ 5.29) ^{bc}
TSB PEN CH4	1.00 ($\pm$ 0.06) ^{bc}	78.00 ($\pm$ 4.00) ^d	162.00 ($\pm$ 2.65) ^{bc}	28.50 ($\pm$ 0.97) ^{bc}
TSB PEN CH6	1.07 ($\pm$ 0.06) ^{ab}	85.00 ($\pm$ 6.08) ^{bcd}	171.00 ($\pm$ 26.45) ^{bc}	30.27 ($\pm$ 4.71) ^{abc}
KCH2	1.00 ($\pm$ 0.00) ^{bc}	80.00 ($\pm$ 9.85) ^{cd}	152.67 ($\pm$ 30.57) ^{bc}	27.39 ($\pm$ 4.19) ^{bc}
KCH3	1.00 ($\pm$ 0.00) ^{bc}	82.33 ($\pm$ 2.79) ^{bcd}	157.67 ($\pm$ 25.72) ^{bc}	28.01 ($\pm$ 5.37) ^{bc}
KCH4	1.14 ($\pm$ 0.11) ^a	82.33 ($\pm$ 3.79) ^{bcd}	228.33 ($\pm$ 52.29) ^a	38.20 ($\pm$ 1.74) ^a
KCH5	1.07 ($\pm$ 0.03) ^{ab}	97.67 ($\pm$ 6.80) ^a	179.00 ($\pm$ 30.05) ^{abc}	31.61 ($\pm$ 2.16) ^{ab}
TSA CH2	1.10 ($\pm$ 0.09) ^{ab}	88.00 ($\pm$ 5.29) ^{bc}	191.33 ($\pm$ 31.07) ^{ab}	33.44 ($\pm$ 7.01) ^{ab}
TESTIGO	0.93 ($\pm$ 0.08) ^c	78.00 ($\pm$ 4.00) ^d	130.00 ($\pm$ 43.3) ^c	23.39 ($\pm$ 6.51) ^c
CV	5.68	6.3	18.25	15.47

CV= coeficiente de variación; $\pm$ = desviación estándar; Medias (n=3) con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

En la segunda etapa de la evaluación (90 DDT) se observó una disminución de los efectos significativos de las rizobacterias sobre las variables de crecimiento. El incremento del diámetro del tallo producido por las cepas KCH4, TSBPOLCH1, TSBPOLCH5, TSBPENCH6, KCH5 y TSACH2 mejoraron en 18.70%. La cepa KCH4 mejoró significativamente la altura de las plantas en 17.34 %, sin embargo en las variables biomasa fresca y biomasa seca no se observó ninguna diferencia significativa (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la inoculación de las rizobacterias sobre el crecimiento de plantas de chile habanero a los 90 DDT.

Tratamientos	Diámetro (cm)	Altura (cm)	biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)
TSB POL CH1	1.27 ($\pm$ 0.06) ^a	122.67 ($\pm$ 8.02) ^{ab}	495.33 ($\pm$ 55.64) ^a	73.87 ($\pm$ 4.54) ^a
TSB POL CH5	1.27 ($\pm$ 0.06) ^a	125.00 ($\pm$ 7.94) ^{ab}	567.67 ($\pm$ 60.28) ^a	81.42 ($\pm$ 7.02) ^a
TSB PEN CH4	1.20 ($\pm$ 0.00) ^{ab}	118.33 ($\pm$ 3.51) ^b	446.67 ($\pm$ 33.84) ^a	61.95 ($\pm$ 4.41) ^a
TSB PEN CH6	1.27 ($\pm$ 0.12) ^a	111.00 ($\pm$ 4.36) ^b	479.33 ($\pm$ 95.82) ^a	73.28 ($\pm$ 8.18) ^a
KCH2	1.20 ($\pm$ 0.10) ^{ab}	122.67 ($\pm$ 1.15) ^{ab}	458.33 ($\pm$ 89.54) ^a	70.76 ($\pm$ 10.59) ^a
KCH3	1.10 ($\pm$ 0.00) ^{ab}	117.00 ($\pm$ 5.57) ^b	408.00 ($\pm$ 83.11) ^a	62.88 ($\pm$ 9.04) ^a
KCH4	1.27 ($\pm$ 0.12) ^a	137.67 ($\pm$ 9.29) ^a	472.00 ($\pm$ 34.18) ^a	70.87 ($\pm$ 2.51) ^a
KCH5	1.27 ($\pm$ 0.12) ^a	123.67 ($\pm$ 15.01) ^{ab}	433.00 ($\pm$ 93.18) ^a	65.18 ($\pm$ 12.95) ^a
TSA CH2	1.27 ($\pm$ 0.21) ^a	119.67 ($\pm$ 19.03) ^b	463.33 ($\pm$ 211.23) ^a	69.31 ($\pm$ 26.39) ^a
TESTIGO	1.07 ($\pm$ 0.06) ^b	117.33 ($\pm$ 3.79) ^b	417.00 ($\pm$ 157.64) ^a	61.42 ($\pm$ 21.07) ^a
CV	7.7	8.13	23.71	19.17

CV= coeficiente de variación; $\pm$ = desviación estándar; Medias (n=3) con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

En la tercera etapa del estudio (120 DDT) el tratamiento KCH4 incrementó de manera significativa el diámetro del tallo a un 22.22 %, en la altura no se observó ninguna diferencia



significativa con de tratamientos, sin embargo en las variables biomasa fresca y seca se observó un incremento de un empleando el tratamiento TSBPOLCH5 a un 49.89 y 42.43 % respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la inoculación de las rizobacterias sobre el crecimiento de plantas de chile habanero a los 120 DDT

Tratamientos	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)
TSB POL CH1	1.30 ($\pm$ 0.10) ^{ab}	157.00 ($\pm$ 12.53) ^a	820.00 ($\pm$ 105.7) ^{ab}	122.67 ($\pm$ 19.8) ^{ab}
TSB POL CH5	1.33 ($\pm$ 0.11) ^{ab}	165.67 ($\pm$ 22.37) ^a	954.33 ($\pm$ 212.58) ^a	145.06 ($\pm$ 33.71) ^a
TSB PEN CH4	1.33 ($\pm$ 0.11) ^{ab}	163.00 ($\pm$ 9.85) ^a	834.33 ($\pm$ 217.55) ^{ab}	115.96 ($\pm$ 26.41) ^{ab}
TSB PEN CH6	1.33 ($\pm$ 0.11) ^{ab}	152.67 ($\pm$ 10.21) ^a	846.33 ($\pm$ 166.76) ^{ab}	124.13 ($\pm$ 8.18) ^{ab}
KCH2	1.30 ($\pm$ 0.00) ^{ab}	158.33 ($\pm$ 8.96) ^a	870.00 ($\pm$ 131.73) ^{ab}	132.45 ($\pm$ 29.41) ^{ab}
KCH3	1.33 ($\pm$ 0.06) ^{ab}	165.67 ($\pm$ 14.64) ^a	868.33 ($\pm$ 269.52) ^{ab}	134.79 ($\pm$ 24.42) ^{ab}
KCH4	1.43 ($\pm$ 0.15) ^a	172.00 ($\pm$ 16.00) ^a	887.67 ($\pm$ 176.74) ^{ab}	136.05 ($\pm$ 28.15) ^{ab}
KCH5	1.27 ($\pm$ 0.06) ^{ab}	158.67 ($\pm$ 15.95) ^a	869.33 ($\pm$ 104.61) ^{ab}	132.72 ($\pm$ 12.55) ^{ab}
TSA CH2	1.27 ($\pm$ 0.21) ^{ab}	155.33 ($\pm$ 31.97) ^a	714.67 ($\pm$ 191.22) ^{ab}	107.17 ($\pm$ 31.67) ^{ab}
TESTIGO	1.17 ($\pm$ 0.15) ^b	147.33 ($\pm$ 4.04) ^a	636.67 ($\pm$ 72.23) ^b	101.84 ($\pm$ 6.45) ^a
CV	9.21	10.4	18.82	18.37

CV= coeficiente de variación; $\pm$ = desviación estándar; Medias (n=3) con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

Los datos obtenidos muestran que la mayoría de las rizobacterias solubilizadoras de fosfato influyen en el crecimiento de las plantas de chile habanero aunque en la mayoría de los casos no se observaron diferencias significativas pero tendieron a superar al testigo. Se observó que las cepas KCH4, TSBPOLCH1, TSBPOLCH5 y TSA CH2 sobresalieron en la variable de la biomasa seca, una de las variables de mayor importancia de un ensayo anterior sobre la caracterización de estos microorganismos se determinó que ambas cepas poseen dos mecanismos de promoción de crecimiento (Solubilización de fosfato y producción de AIA) lo que podría explicar la respuesta de dichas rizobacterias en la estimulación del crecimiento de las plantas. Varios trabajos realizados por diversos autores dicen que las rizobacterias promueven el crecimiento vegetal mediante la combinación de mecanismos (directos e indirectos) de las PGPR (Ashrafuzzaman *et al.*, 2009; Banerjee *et al.*, 2010). También se observó que el mayor número de tratamientos tuvieron efectos significativos en la primera etapa de crecimiento y en las dos últimas etapas sólo uno o dos tratamientos fueron estadísticamente diferentes, una posible causa podría ser que las rizobacterias no tuvieron una buena colonización de las raíces de las plantas. La colonización de raíces por las rizobacterias es clave para una mejorar el crecimiento vegetal en un periodo de tiempo prolongado (Kloepper *et al.*, 1980). Según estudios realizado por Benizriet *et al.*, (2001), la disminución de la colonización de las raíces por las rizobacterias se debe a factores como las ambientales, biológicos etc.) y refleja una consecutiva disminución de la estimulación del crecimiento vegetal generada al principio de la inoculación de las rizobacterias.

Conclusiones

La estimulación del crecimiento de las plantas de chile habanero por parte de las rizobacterias KCH4 y TSBPOLCH5 es muy importante, podrían ser una gran expectativa para la producción del chile habanero. La promoción del crecimiento de las plantas de chile habanero podrá dar lugar a la obtención de una mayor producción y rendimiento del cultivo de chile habanero.



Agradecimientos

Al instituto tecnológico de Tizimín, especialmente al laboratorio de microbiología por permitirnos el uso de la colección de las rizobacterias empleados en este trabajo y sus instalaciones.

Bibliografía

- Ashrafuzzaman M., F. Akhtar-Hossen, M. Razi-Ismael, Md. Anamul-Hoque, M. Zahurul-Islam, S.M. Shahidullah and Sariah-Meon. 2009. Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. *African Journal of Biotechnology* 8(7):1247-1252.
- Banerjee S., Palit R., Sengupta Ch. and D. Standing. 2010. Stress induced phosphate solubilization by *Arthrobacter* sp. and *Bacillus* sp. isolated from tomato rhizosphere. *Australian Journal of Crop Science*. 4 (6): 378-383.
- Bautista-Zúñiga F., J. Jiménez-Osornio, J. Navarro-Alberto, A. Manu y R. Lozano. 2003. Microrelieve y color del suelo como propiedades de diagnóstico en Leptosoles cársticos. *Terra21*: 1-11.
- Benizri, E., E. Baudoin and A. Guckert. 2001. Root colonization by inoculated plant growth promoting rhizobacteria. *Biocontrol Science and Technology* 11 (5):557-574.
- Hilda, R. and R. Fraga. 2000. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotech. Adv.* 17:319-359.
- Kloepper J.W., M.N. Schoroth and T.D. Miller. 1980. Effects of rhizosphere colonization by Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Potato Plant Development and Yield. *Ecology and Epidemiology* 1078-1082.
- Singh A V, S Shah, B Prasad (2010) Effect of phosphate solubilizing bacteria on plant growth promotion and nodulation in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of Hill Agriculture* 1:35-39.
- Sundara, B., V. Natarajan and K Hari. 2002. Effects of Phosphate Solubilizing Microorganisms and Phosphorus Chemical Fertilizer on Yield and Yield Components of Barely (*Hordeum vulgare* L.). *Field crops research*. 77: 43-49.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2007. *Fisiología Vegetal*. Tercera edición. Editorial Universidad Jaume. New Jersey. 67-86pp.





CARACTERIZACIÓN DE COMPOST PARA SUPRESIÓN DE FITOPATÓGENOS EDÁFICOS

Zorrilla-Sánchez, S.^{1*}; Quintero-Lizaola, R.²; Teliz-Ortiz, D.³; Zavaleta-Mejía, E.³

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Programa de Edafología. Texcoco, Edo.de México. México.

²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Programa de Edafología. Texcoco, Edo. de México. México.

³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Programa de Fitopatología. Texcoco, Edo.de México. México.

*Autor responsable:sergio.zorrilla@colpos.mx; Km. 36.5, Montecillo, Texcoco de Mora, Estado de México. México. CP 56230; Tel. +52(555)-967-8216.

Resumen

Los objetivos de este trabajo fue caracterizar las propiedades físico-químicas de tres compost destinados al control de fitopatógenos edáficos, además monitorear la temperatura para determinar el momento oportuno de posibles inoculaciones de antagonistas en compost utilizados como sustrato. Se realizó el compostaje en pilas de tres mezclas diferentes con 3 repeticiones cada una (estiércol, estiércol + alfalfa, estiércol + alfalfa + Súper fosfato de calcio triple (SFCT)); y se midió la variabilidad espacial de la temperatura durante 100 días. Se tomaron 15 muestras de cada pila, se secaron a la sombra y se determinó el contenido de humedad; pH, conductividad eléctrica (C.E.), materia orgánica (M.O.), C, N, P y K de los materiales. Con la alfalfa acicalada y molida se incrementó de manera significativa la temperatura en la fase mesófila ascendente del proceso, en este caso la temperatura más alta registrada en las pilas fue de 45 °C; y se alcanzan la fase de enfriamiento a partir del día 35 (temperaturas inferiores a los 25 °C). El tratamiento al que se le añadió el SFCT es el más salino, tiene la concentración más elevada de P y también presentó mayor desprendimiento de CO₂. Al principio del proceso todas las mezclas presentaron diferencias en el contenido de C, lo cual representa diferencias en MO y relación C/N (R C/N); sin embargo con la pérdida de CO₂ que existe se obtuvo al final del proceso una R C/N de 18 en todos los tratamientos.

Palabras clave

Alfalfa, estiércol, fósforo.

Introducción

Dado que el manejo biológico parece inducir menores disturbios ecológicos, recientemente se ha enfatizado el uso de antagonistas para el manejo de fitopatógenos de origen edáfico. Existen microorganismos que han sido reportados como antagonistas, ya sea parasitando o causando lisis a los propágulos de *Phytophthora* en el suelo; sin embargo, hasta la fecha, no parece existir reporte alguno de antagonistas que por sí solos, resulten eficientes y mucho menos bajo condiciones de campo; debido al fenómeno de homeostasis, que impide que cualquier microorganismo introducido al suelo se establezca (Bautista *et al.*, 2010).El uso del compost para medio de crecimiento de antagonistas o como fuente de alimento o como un agente no específico de inhibición, es muy reciente (Ramona y Line, 2002).Durante los pasados 20 años, investigaciones sobre control biológico y supresión de patógenos nativos del suelo



han incluido efectos por el uso de complejos sustratos orgánicos, como compost, algunos de los cuales han mostrado ser efectivos en la protección de plantas (Zavaleta, 2010). El uso de compost para promover el establecimiento de hongos y bacterias antagonistas puede repercutir en una mayor eficacia contra enfermedades, además de servir como sustrato de bacterias y cepas de hongos locales que puedan aplicarse por medio del compost colonizado como agentes de biocontrol frente a las enfermedades más importantes del suelo, reduciendo el efecto de homeostasis del suelo.

Materiales y Métodos

El proceso de compostaje se realizó en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Estado de México. Los materiales utilizados fueron estiércol bovino, paja de alfalfa acicalada y molida y el fertilizante inorgánico Súper fosfato de calcio triple (SFCT) con fórmula (00 N-46 P₂O₅- 00 K₂O- 13 Ca). Se establecieron 3 tratamientos (cuadro 1) con tres repeticiones, y la mezcla de los materiales se hizo con base en el peso. Las pilas establecidas a cielo abierto se cubrieron con polietileno blanco de invernadero de 180 µ.

Cuadro 1. Materiales orgánicos para la elaboración del compost.

Trat.	Materia prima	Volumen de la pila (m ³)	Proporción	Relación Peso (Kg)
1	Estiércol bovino (E)	1.5	1	200
2	E. Bovino + Alfalfa (E+A)	1.5	1:0.5	133.5:66.5
3	E. Bovino + Alfalfa + Súper fosfato de calcio triple (10 %) (E+A+SFCT)	1.5	1:0.5+0.1	125:62.5+12.5

Se midió la temperatura durante un periodo de 100 días (del 30 de septiembre de 2013 al 07 de enero de 2014) con lecturas en 5 puntos en la longitud del costado este, el costado oeste y el cenit de cada pila de forma manual con termómetros de mercurio graduados de -10 a 110 °C. El módulo de compostaje se operó manualmente; los volteos se realizaron cada 3 semanas; se regó una vez por semana y se mantuvo a 60 % de humedad desde el principio del compostaje. Al término del proceso se tomaron 15 submuestras de compost con barrenas de suelo de 1 litro, de acuerdo al patrón de muestreo descrito, se mezclaron homogéneamente, se secaron a la sombra por una semana y se cernió en tamiz de 20 mm. De cada muestra compuesta se tomó cinco repeticiones para determinar algunas variables indicadoras de calidad del compost. Se determinó pH, conductividad eléctrica (CE), carbono orgánico (C) por el método Walkley y Black; materia orgánica (MO) se obtuvo a con el factor de Van Bemmelen, N total por el método semi-micro Kjeldahl, P soluble y/u Olsen, R C/N y desprendimiento de CO₂ (biomadurez) por el método de Andersen. También se tomó una muestra de agua con la que se regaron las pilas, para determinar el pH, CE, CO₃²⁺, HCO₃⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, relación de absorción de sodio (RAS), porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la clase, con los métodos estandarizados del Colegio de Postgraduados. Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza (ANOVA); así como comparaciones de medias de Tukey ($p=0.05$), mediante la utilización del paquete estadístico SAS V8 (Stadistics Analisis System Inc.).

Resultados y Discusión

Agua de riego

En el cuadro 2 se muestran los resultados de las pruebas realizadas al agua de riego; se encontró un pH moderadamente alcalino (7.8). La suma de cationes da un total de 7.33 meq/L y de los aniones es de 7.28 meq/L; esto indica equilibrio en las bases iónicas. Sin embargo existe la presencia de iones indeseables en la agricultura, por ejemplo el CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , Na^+ .

Cuadro 2. Características físico y químicas del agua de riego del compost.

Muestra	pH	CE (dS. m ⁻¹)	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	RAS	PSI	Clase
meq/L														
Agua	7.8	1.6	0.06	0.69	0.2	0.53	5.8	0.14	2.3	2.99	1.9	1.2	0.5	C3-S1

RAS: Relación de Absorción de Sodio, PSI: porcentaje de sodio intercambiable, Clase: Normas de Riverside para evaluar la calidad de aguas de riego. SO_4^{2-} : fue determinado por diferencia entre cationes y aniones.

El agua está dentro de la clase C3-S1, esto quiere decir que su índice de salinización es de 3 con una CE de 1.6 dS.m⁻¹, o sea que se encuentra alto y tiene elevado riesgo de salinización, pero se encuentra con una RAS de 1, lo cual indica bajo riesgo de alcalinizarse; puede usarse para riego con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. Este factor determina en gran medida la calidad del compost; si incorpora demasiadas sales al compost no podrá ser aplicado a los cultivos, y si se aplica podría causar daños al sistema agrícola. En este sentido la elevada concentración de Na^+ en las pilas de compostaje puede aumentar el estrés de las plantas y afectar la actividad y el tipo de microorganismos benéficos establecidos en el rizoplasma de los cultivos al momento de la aplicación en campo; sin embargo en este trabajo dichos efectos no se midieron.

Temperatura

En la figura 1 se muestra el comportamiento presentado por los tratamientos evaluados; se puede notar claramente las cuatro fases del proceso de compostaje: mesófila ascendente, que se caracteriza por un incremento rápido de temperatura por la exposición del agua a la que se somete y la actividad de bacterias que colonizan el sustrato durante los primeros días; para este caso la primera fase tuvo una duración aproximada de 12 días.

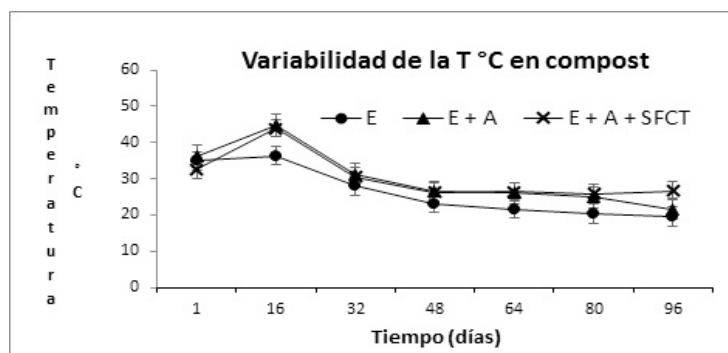


Fig. 1. Variabilidad espacial de la temperatura en compost para la supresión de fitopatógenos edáficos. E= estiércol, E+A= estiércol + alfalfa, E+A+SFCT= estiércol + alfalfa + superfosfato de calcio triple.

En la fase termófila se alcanzan temperaturas encima de los 40 °C; existe inoculación de



microorganismos específicos que descomponen macromoléculas, el material se higieniza al garantizar la eliminación de patógenos con altas temperaturas; en este trabajo sobrepasaron los 40 °C y duraron 8 días, del día 12 al día 20 del proceso (Fig. 1); después las pilas mostraron un descenso continuo de temperatura, lo que deja de manifiesto la fase termófila descendente o enfriamiento; en esta fase se presenta reinoculación de flora benéfica y se alcanzan temperaturas óptimas para el establecimiento de antagonistas a fitopatógenos; para el presente trabajo tuvo una duración de 25 días, comprendidos del día 21 al día 45 (Fig. 1).

En la etapa de biomadurez, la producción de calor y la pérdida de peso son escasas, y se producen complejas reacciones secundarias de condensación y de polimerización, que dan lugar al humus como producto final; esta etapa se presentó después del día 45, cuando la temperatura descendió hasta los 25 °C (Fig. 1). En esta etapa no hubo diferencias significativas entre el tratamiento de E+A y el de E+A+SFCT, por lo que este efecto se puede atribuir a la alfalfa acicalada. El tratamiento de E mostró diferencias significativas durante todo el proceso y fue el que presentó las temperaturas más bajas durante todo el proceso de compostaje.

pH y CE

En el Cuadro 3 se presentan resultados obtenidos de las pruebas físico-químicas realizadas a los materiales. En general todos los tratamientos tuvieron un aumento en pH al final del proceso. El tratamiento de E+A+SFCT mostró diferencias significativas, con un aumento de 0.6 unidades en ambas mediciones realizadas; mientras que el E y E+A tuvieron un aumento de tan solo 0.4 unidades.

La conductividad eléctrica (C.E.) también se ve aumentada al final del proceso, lo cual supone que las sales se acumularon en el producto con el transcurso del tiempo. Sin embargo la cantidad de sales no se midió. El tratamiento de E+A+SFCT mostró niveles de pH debajo de los demás, lo cual indica que las diferencias entre tratamientos puede estar influenciado directamente por la naturaleza química de los materiales y el aumento en el resultado de esta variable por las sales contenidas en el agua de riego.

Cuadro 3. Características físico químicas de tres compost para la supresión de fitopatógenos edáficos.

Compost	C. E.		pH		M.O.		C		N total		P		CO ₂		R C/N	
	dS.m ⁻¹		H ₂ O (1:5)		Van Bemmelen		Walkley-Black		Semi-micro Kjeldahl		Soluble		Olsen		mg.g compost ⁻¹	
	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
E	1.02b†	1.69b	8.8b	9.2a	16.81a	9.4c	9.75a	5.45c	0.27c	0.3a	20c	336b	-	0.665c	36a	18a
E+A	1.02b	1.99ab	8.9 ^a	9.3a	13.45b	9.62b	7.8b	5.58b	0.34b	0.31a	23b	346b	-	0.904b	23b	18a
E+A+SFCT	1.45a	2.18a	8.1c	8.7b	12.41c	9.74 ^a	7.2c	5.65a	0.37a	0.31a	63a	721 ^a	-	1.061a	19c	18a

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). E= estiércol bovino, E+A= estiércol+alfalfa, E+A+SFCT= estiércol+alfalfa+súper fosfato de calcio triple, C.E.= conductividad eléctrica, M.O.= materia orgánica, C=carbono, N total= nitrógeno total, P soluble= fósforo soluble, P Olsen= fósforo Olsen, R C/N= relación C/N, I= Muestreo inicial (03/10/13), F= Muestreo final (06/01/14).

Carbono, materia orgánica y biomadurez

El contenido de C en los tratamientos disminuyó con el paso del tiempo, por lo tanto también el porcentaje de M.O.(Cuadro 3). El tratamiento de E presenta el porcentaje de C más alto al inicio del experimento (9.75 %), y al final presenta el valor más bajo (5.45 %). El tratamiento



E+A+SFCT presenta el valor porcentual más bajo al inicio del proceso y el más alto para el final, con un 5.65 %. La mezcla de E+A presenta el nivel intermedio con 5.58 %. Es lógico pensar que la disminución en estos parámetros se deba a la degradación de los polímeros presentes al inicio del proceso de compostaje que al entrar en contacto con el agua se volatilizan principalmente como CO_2 y CH_4 en condiciones aerobias o anaerobias respectivamente. El desprendimiento de CO_2 se midió en la fase de enfriamiento como parámetro de biomadurez (cuadro 3). A pesar de no medir este factor al inicio del proceso para compararlo con el desprendimiento final; se nota claramente que las cantidades desprendidas son realmente bajas. Los resultados indican que el E+A+SFCT fue el que desprendió mayor cantidad de CO_2 ; y presenta diferencias significativas sobre el E+A y el E, con valores de 1.06, 0.90 y 0.66 $\text{mg CO}_2.\text{g compost}^{-1}$ respectivamente. Este hecho se debe a que el E+A+SFCT, por ser el material más rico nutricionalmente, además de las propiedades dadas por la composición química de las fuentes de origen sea el sustrato con mayor presencia de microorganismos y por eso muestra mayor actividad respiratoria sobre los demás tratamientos.

Nitrógeno y relación C/N

A pesar del 0.37, 0.34 y 0.27 % de N que mostraron el E+A+SFC, E+A y el E al inicio del proceso, los tres tratamientos se mostraron similares al final; no presentaron diferencias significativas entre ellos, con valores de 0.31, 0.31 y 0.30 % respectivamente.

La R C/N de E, E+A y E+A+SFCT al inicio fue de 36, 23 y 19, y para el final del proceso fue de 18 en todos los materiales; esto sugiere que se encuentran en una etapa temprana de la fase de maduración y su R C/N aún es alta, lo que puede ser favorable ya que los materiales contarán con reservas de alimento para alojar a los microorganismos durante un periodo plausible de tiempo.

Fósforo

El tratamiento E+A+SFCT tiene la concentración más elevada de P debido a la adición del fertilizante, presentó una concentración de 721 mg.Kg^{-1} en la segunda determinación, realizada por el método Olsen, mientras que el tratamiento de E y E+A presentaron 336 y 346 respectivamente, sin mostrar diferencias significativas entre ellos.

Se ha demostrado que gran parte del fosfato de suelos con alto contenido de M.O presente en la cercanía de las raíces de las plantas se encuentra en forma de fitatos (fosfatos de inositol) insolubles pero pueden formar soluciones mediante las fosfatasa de las raíces o de las hifas fúngicas. Quintero (2014) menciona que respecto a las enzimas que mayormente tienen presencia en la formación de las sustancias húmicas son las fosfomonoesterasa (fosfatasa ácida y alcalina) y arilsulfatasa.

Conclusiones

Los tres sustratos evaluados presentan diferentes características físico-químicas, debido a la naturaleza propia de los materiales de origen. El tratamiento E+A+SFCT reúne las mejores condiciones para el establecimiento de antagonistas.

La alfalfa acicalada y molida eleva la temperatura en la fase termófila del proceso; con lo que se higieniza el producto ya que asegura la eliminación de patógenos. La temperatura en esta fase define el tipo de moléculas que se formen y las características físico-químicas del sustrato final condicionan la flora microbiana que colonice en fase de enfriamiento; por lo tanto también la supresión.



Bibliografía

- Bautista-Calles, J., R. García-Espinosa, E. Zavaleta-Mejía, J. Pérez-Moreno, R. Montes-Belmont, R. Ferrera-Cerrato, M. Huerta-Lara. 2010. Disminución de la marchitez del chile (*Phytophthora capsici* Leo) con complejidad ascendente de antagonistas en el sustrato de germinación del chile (*Capsicum annum* L.). Interciencia. Vol. 35: 8 (613-618).
- Quintero-Lizaola R. 2014. Poblaciones microbianas, actividades enzimáticas y sustancias húmicas en la biotransformación de residuos. Terra Latinoamericana 32 (2): 161-172.
- Ramona, Y. and Line M. A. 2002. Potential for the Large-Scale Production of a Biocontrol Fungus In Raw and Composted Paper Mill Waste, Compost Science & Utilization, 10:(1) 57-62, DOI:10.1080/1065657X.2002.10702063
- Zavaleta-Mejía E. 2010. Modificadores orgánicos como estrategia de manejo de enfermedades de la raíz. Ecología de la raíz. Sociedad Mexicana de Fitopatología A. C. Pp. 93 -103.

