



Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación



Proyecto de Investigación 2018

| | | | | | |
|---|---|----------------------------|---|---------------------------------------|--------------|
| Unidad: | Saltillo | División: | Agronomía | Departamento: | Horticultura |
| Programa de Investigación: | Maestría en Ciencias en Horticultura | | | | |
| Línea de investigación: | Producción hortícola sustentable | | | | |
| Título del proyecto: | Selección e Inoculación de Hongos Nativos Solubilizadores de Fósforo del Estado de Coahuila, en tomate bajo diferentes dosis de fertilización | | | | |
| Presupuesto solicitado (Máximo \$100,000) | \$ 80000.00 | El proyecto es: | Nuevo | Continuación | X |
| Tipo de investigación: | Básica | Aplicada | Tecnológica | e-mail del responsable | |
| Vinculación: | Si | X | No | Fondos concurrentes: | \$100,000. |
| Cooperante(s) : | INECOL | | | | |
| Entidad (es): | Coahuila, Veracruz | Municipio (s): | | | |
| Localidades: | Saltillo y Xalapa | | | | |
| A realizar durante el año(s): | 2016-2017 | | | | |
| Participantes | | Adscripción (Clave Depto.) | Expediente No. | Firma | |
| Responsable | Rosalinda Mendoza Villarreal | Horticultura | 1029 | <i>Rosalinda Mendoza Villarreal</i> | |
| Colaborador: | Valentín Robledo Torres | Horticultura | 3031 | <i>Valentin Robledo Torres</i> | |
| Colaborador: | Marcelino Cabrera de la Fuente | Horticultura | 3864 | <i>Marcelino Cabrera de la Fuente</i> | |
| Colaborador: | Rosa María Arias Mota | INECOL | Externo | | |
| Colaborador: | | | | | |
| Colaborador: | | | | | |
| Colaborador: | | | | | |
| | | Nivel estudios | Matrícula | Firma | |
| Tesista: | Abraham de Jesús Romero Fernández | Licenciatura | 61161421 | | |
| Programa Docente: | Maestría en Ciencias en Horticultura | | | | |
| Tesista: | | | | | |
| Programa Docente: | | | | | |
| Tesista: | | | | | |
| Programa Docente: | | | | | |
| | Vo. Bo. | | Autoriza | | |
| Firma y sello | | | | | |
| Nombre | Dr. Víctor Manuel Reyes Salas Jefe de Departamento | | Dr. Armando Robledo Subdirector de Programación y Evaluación | | |

• Cada Jefe de Departamento deberá dejar copia para su archivo

Protocolo para Proyecto de Investigación 2018

Título del proyecto

Selección e Inoculación de Hongos Nativos Solubilizadores de Fósforo del Estado de Coahuila, en jitomate bajo diferentes dosis de fertilización

Introducción

El cultivo del jitomate en México es uno de los más importantes, ya que es una fuente de empleo para un considerable número de familias. Se estima que para la producción de 75,000 ha de jitomate se emplean a 172 mil trabajadores (FIRA, 2007). Los cultivos hortícolas, entre ellos el jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), demandan grandes cantidades de fertilizantes para expresar su máximo rendimiento y calidad. La fertilización con fósforo (P) es uno de los factores de crecimiento más importantes que determinan el rendimiento y la calidad de la producción en las plantas (Noh-Medina *et al.*, 2010; Reta *et al.*, 2007). En el suelo, el P se encuentra en muy bajas concentraciones ($5\text{-}30\text{ mg Kg}^{-1}$) debido a que la parte soluble del P forma enlaces con iones como el calcio, hierro o el aluminio lo que provoca su precipitación o fijación, disminuyendo su disponibilidad para las plantas (Tapia & García, 2013). La deficiencia de este nutriente generalmente es atendida mediante la aplicación de fertilizantes sintéticos, sin embargo, éstos al ser aplicados en dosis superiores a lo requerido por el cultivo, conducen a riesgos de contaminación ambiental, por la lixiviación del fertilizante no absorbido hacia aguas subterráneas, además su aplicación excesiva conlleva a la degradación de la calidad de los suelos por salinidad y un incremento infructuoso en los costos de producción (Cardenas *et al.*, 2004). Bajo este contexto se han desarrollado diversas alternativas para contrarrestar esta situación, tales como la agricultura orgánica y la agroecología, procesos que implican una transformación en la conciencia sobre la agricultura, logrando como principal resultado la sustitución de insumos químicos por biológicos (Funes, 2001). El aumento de la concientización sobre el cuidado del ambiente ha hecho que los productores agrícolas, vean como una alternativa la aplicación de los biofertilizantes elaborados a base de microorganismos tales como los hongos solubilizadores de fósforo (HSF), adoptando nuevas estrategias que van en aumento tanto en la agricultura orgánica como en la convencional (Armenta *et al.*, 2010). Ya que éstos permiten una reducción en los costos de producción, la conservación y recuperación de los suelos así como de la biodiversidad (Fernández & Rodríguez, 2015). Numerosos estudios han demostrado una respuesta positiva de las plantas a la inoculación de hongos solubilizadores de fósforo en cultivos como trigo (Whitelaw *et al.*, 1997), cebolla (Vassilev *et al.*, 1997), soya (El-Azouni, 2008), entre otros. Una característica de estos microorganismos del suelo es que tienen la capacidad de relacionarse entre sí, dando lugar a interacciones sinérgicas que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas (Fernández & Rodríguez, 2015). Los organismos solubilizadores tienen la habilidad de transformar el fosfato orgánico e inorgánico, al romper los enlaces que forma el fósforo con los iones metálicos (Fe, Ca y Al) y así transformarlo en soluble (Restrepo *et al.*, 2015). Además, se ha observado que la utilización de cepas nativas de hongos en la elaboración del inoculante biológico, presentan mayores posibilidades de efectividad en el campo, por estar adaptados a las condiciones del suelo de cada región (Armenta *et al.*, 2010).

Así pues, el uso de bioinoculantes constituye una alternativa ecológicamente aceptable para reducir los insumos externos y mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos, mediante la utilización de microorganismos debidamente seleccionados por su alta eficiencia e inocuidad, además pueden ser generados a partir de recursos locales y tener carácter endógeno. En este estudio se pretende aislar cepas nativas de hongos solubilizadores de fósforo de suelos de la región del estado de Coahuila buscando la reducción de la fertilización fosfatada bajo diferentes concentraciones y evaluar el efecto de la inoculación de estos microorganismos sobre el desarrollo de plantas de jitomate bajo condiciones de invernadero.

Objetivos

GENERAL:

Seleccionar cepas nativas de Hongos Solubilizadores de Fósforo y evaluar su efecto sobre la disponibilidad de fósforo y el desarrollo de las plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo diferentes dosis de fertilización en condiciones de invernadero.

ESPECIFICOS:

En 2018

- Evaluar cuantitativamente la capacidad fosfato solubilizadora de las cepas seleccionadas.
- Evaluar el efecto de la inoculación de hongos nativos sobre el P disponible en el sustrato, el P absorbido, P en la raíz de las plantas de jitomate.

Hipótesis

- La inoculación de hongos nativos solubilizadores de fósforo favorecerá la disponibilidad de fósforo para las plantas de jitomate, lo cual se verá reflejado en un mayor desarrollo de estas.

Revisión de Literatura

El jitomate es un producto agrícola con una gran importancia económica a nivel mundial y tiene gran popularidad por ser cultivado en todo el mundo (FAOSTAT, 2011). Es una planta que pertenece a la familia de las solanáceas, género *Lycopersicon*, del cual se derivan un gran número de especies, variedades e híbridos, originario de la región Sur Central de Perú, gracias a su amplia habilidad de adaptación se cultiva tanto en ambientes secos como húmedos. Debido a evidencias históricas etnobotánicas, se piensa que su domesticación se desarrolló en México, distribuyéndose a Europa después de la conquista española (Rodríguez, 2001). La nutrición del jitomate juega un papel muy importante en la productividad de las plantas y la calidad de los frutos, los cultivos hortícolas, entre ellos el jitomate, necesitan 16 elementos en diferentes cantidades para expresar su máximo rendimiento y calidad de la producción en las plantas, estos nutrientes están clasificados de acuerdo a las cantidades necesarias, tan sólo 3 de los 16 (carbono, oxígeno e hidrógeno) acumulan el 95 % del total requerido y afortunadamente son suministrados a través del aire y el agua, el resto son suplementados a través del suelo y fertilización sintética, sin embargo, solamente el nitrógeno, fósforo y potasio se requieren en altas cantidades, el resto normalmente el suelo posee las cantidades necesarias o son suministradas mediante aplicaciones foliares (Noh-Medina et al., 2010). Los fertilizantes de nitrógeno más comunes son urea, nitrato de amonio, nitrato de calcio y nitrato de potasio. Las fuentes de potasio son cloruro de potasio, sulfato de potasio y nitrato de potasio. Las fuentes de fósforo son menos y las más comunes son el fosfato monoamónico y fosfato diamónico (Tisdale et al., 2004). La elección del fertilizante depende del clima, forma del nutrimento, pureza, salinidad, solubilidad y el costo; en todos los casos es necesario el análisis fisicoquímico del suelo para la toma de decisiones (Tisdale et al., 2004).

El uso inadecuado de fertilizantes en la producción de hortalizas no es solo un problema que afecta la economía del productor, sino también un problema que puede ocasionar desequilibrios en el suelo que perjudican su aprovechamiento además de provocar contaminaciones a los agroecosistemas, donde los mantos acuíferos para el consumo humano, animal y vegetal se ven afectados. La producción comercial exitosa de cultivos hortícolas exige que el productor haga uso óptimo de los recursos disponibles. Uno de estos recursos de mayor importancia es la utilización de fertilizantes (orgánicos e inorgánicos) que brindan los elementos necesarios para un crecimiento y desarrollo óptimo para las plantas, logrando obtener un rendimiento satisfactorio y así obtener una buena cosecha para cumplir con los requerimientos que demanda el mercado internacional.

Si los nutrientes están ausentes o en bajas concentraciones el rendimiento y la calidad de la hortaliza será pobre, en cambio cuando existen excesos el costo de producción aumenta, pudiendo ocasionar toxicidad en las plantas y la posibilidad de una lixiviación de los nutrientes. En el mundo existen muchos suelos que presentan problemas de disponibilidad de este elemento (Charana & Yoon, 2012). Antes de ser absorbido por las plantas, cierta cantidad de fósforo que es aplicado como ortofosfato tiende a transformarse rápidamente en formas poco solubles y para contrarrestar esta situación se aplican fertilizantes fosfatados (Khan et al., 2010); no obstante, sus repetidas aplicaciones pueden conducir a una pérdida de la fertilidad del suelo ocasionando perturbaciones en la diversidad microbiana y sus actividades metabólicas asociadas (Gyaneshwar et al., 2002), lo que conlleva a una reducción en el rendimiento de los cultivos. Esto genera pérdidas en la rentabilidad y obliga la búsqueda de nuevas alternativas que mejoren la biodisponibilidad del P en los suelos a través del uso de materias primas menos costosas y ambientalmente amigables (Kaur & Reddy, 2014). Por lo general el P ha sido asociado con problemas ambientales principalmente a través de la eutrofización de lagos y cuerpos de agua sin movimiento, generando un desequilibrio en los ecosistemas, lo cual afecta a sus poblaciones nativas (Nebel & Wright, 1996). Otra de las desventajas de la fertilización química del P y haciéndola poco efectiva es su rápida conversión de P soluble a insoluble (Moratto et al., 2005), provocando un bajo aprovechamiento por parte de las plantas en la adquisición de fósforo y elevando los costos de producción (Clesceri et al., 1992). Esta situación hace que sea necesaria la creación de variedades vegetales altamente eficientes en su adquisición y uso de nutrientes o la implementación de estrategias más sostenibles de fertilización (Lambers et

al., 2006).

Como se sabe, las interacciones microbianas con las raíces tienen un efecto profundo en el estatus nutricional de las plantas (Küçük et al., 2008); basados en este principio se han desarrollado insumos biológicos, denominados biofertilizantes, que son reconocidos como enmiendas microbianas producidas a partir de microorganismos que por lo general se encuentra en el suelo y que gracias a su actividad biológica logran poner a disposición de las plantas una parte importante de sustancias nutritivas necesarias para el desarrollo (Beltrán, 2014). Se ha determinado que la aplicación de biofertilizantes no perjudica la calidad de los suelos, contribuye a prácticas de fertilización más rentables y seguras para el medio ambiente (Fankem et al., 2006)

Dentro de los microorganismos que pueden funcionar como base para la formulación de dichos insumos se incluyen los solubilizadores de fosfato (MSF); este grupo funcional de microorganismos está involucrado en un amplio rango de procesos que afectan la transformación del fósforo, siendo un componente integral del ciclo edáfico de este nutriente (Fankem et al., 2006). Los MSF incluyen cepas bacterianas y fúngicas (Vera et al., 2002; Khan et al., 2009). Sin embargo diversos estudios han determinado que los hongos, constituyen la mayor parte de la biomasa del suelo, son abundantes en suelos ácidos y poseen una habilidad mayor para solubilizar roca fosfórica que las bacterias (Gómez-Guiñan & Zabala, 2001).

Procedimiento Experimental

Durante la segunda etapa (2018) del ensayo se realizará el germinado de las semillas de jitomate de la variedad eterno en charolas de poliestireno con peatmos y perlita 1:1 (v/v) posteriormente el trasplante a macetas utilizando el mismo sustrato. Los tratamientos incluirán dos cepas de HSF y diferentes dosis de fertilización fosfatada, como fuente de fosfato insoluble se adicionará roca fosfórica y como fertilizante fosfatado se utilizará super fosfato de calcio triple con todas sus posibles combinaciones incluyendo un testigo. Se les adicionará la concentración de inoculo de HSF a 1×10^8 y diferentes dosis de fertilización fosfatada (100, 75, 50 y 25 %) por planta de jitomate. En la tercera etapa se procederá a la cosecha de las plantas de jitomate tomando como variables agronómica la productividad, diametro del tallo, longitud de raíz, peso seco de la planta y peso fresco del fruto, se cuantificara el fósforo de la parte aerea de las plantas, fosforo en el raíz y fósforo en el fruto por el método de azul de molibdato (Murphy & Riley, 1962) y la evaluación cuantitativa del fósforo disponible en el sustrato mediante la técnica de Bray & Kurtz, (1945). Para detectar diferencias en las variables evaluadas entre los diferentes tratamientos se realizará un ANOVA de dos vías. Cuando las diferencias sean significativas se llevarán a cabo pruebas Tukey HSD.

Cronograma de Actividades.

| Actividad a realizar | 2016 | | | | | 2017 | | | | | | | | | | | 2018 | | | | | | | | |
|--|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | S | O | N | D | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | E | F | M | A | M | J | J | |
| Revisión de literatura | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Elaboración del protocolo | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Presentación del protocolo | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aislamiento de los hongos solubilizadores de fósforo (HSF) | | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Evaluación cualitativa de las mejores cepas de los HSF | | | | | | X | X | X | | | | | | X | X | X | | | | | | | | | |
| Evaluación cuantitativa de las mejores de los HSF | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | |
| Imoculación de las plantas de jitomate con los HSF | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | | | | | | | | | |
| Medición de las variables | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | |
| Manejo del cultivo | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | | | | | | | |
| Toma y análisis de datos | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | |
| Movilidad Internacional | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | | | |
| Redacción de artículo científico | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | | | |
| Presentación en un congreso | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | X | | | | | |
| Redacción de tesis | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Examen de grado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X |

5.-Productos Esperados

- 1 Tesis de Maestría
- 1 Artículo Científico
- 1 Presentación en un congreso

6.-Literatura Citada

Armenta, A. García, C. Camacho, R. Apodaca, M. Gerardo, L. Nava, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. Ra Ximhai. 6 (1): 51-56.
 Beltrán Pineda, M. E. (2014). Hongos solubilizadores de fosfato en suelo de páramo cultivado con papa (Solanum tuberosum). Ciencia en Desarrollo, 5(2), 145-154.

- Bray, R. Kurtz, L. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science*. 59: 39-45.
- Cardenas, R. Sanchez, J. Farías, R. Peña, J. (2004). Los aportes de Nitrógeno en la agricultura. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 10 (2): 173-178.
- Charana, B. Yoon, M. (2012). Prospectus of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus availability in agricultural soils; A review. *African Journal of Microbiology Research*. 6 (37): 6600- 6605.
- El-Azouni, I. (2008). Effect of phosphate solubilizing fungi on growth and nutrient uptake of soybean (*Glycine max L.*) plants. *Journal of Applied Sciences Research*. 4 (6): 592 598.
- Fankem, H., Nwaga, D., Deubel, A., Dieng, L., Merbach, W., & Etoa, F. X. (2006). Occurrence and functioning of phosphate solubilizing microorganisms from oil palm tree (*Elaeis guineensis*) rhizosphere in Cameroon. *African Journal of Biotechnology*, 5(24).
- FAO STAT. (2011). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Food and Agricultural commodities production. Disponible en línea: http://faostat.fao.org/infoods/tables_int_en.stm. Consultado: 06/12/16.
- Fernández, M. Rodríguez, H. (2005). El papel de la solubilización del fósforo en los fertilizantes microbianos. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. 39 (3): 27-34.
- FIRA. (2007). Agricultura protegida: Cultivo de Tomate en Invernadero Costos de Producción y Análisis de rentabilidad 2006. Dirección de Consultoría en Agronegocios. Dirección Regional del Norte Agencias Monterrey, Saltillo, Parral y N. Casas Grandes Internet: <http://www.fira.gob.mx>. Consultado: 06/12/16.
- Funes, F. (2001). La agricultura cubana en camino a la sostenibilidad. *Leisa*. 7: 21-23.
- Gómez-Guiñán Y. Zabala M. (2001). Determinación de la capacidad solubilizadora del P en hongos aislados de la rizósfera del mani (*Arachis hypogaea L.*). *Saber Universidad de Oriente* 13 (1): 8-13.
- Gyaneshwar, P. Kumar, N. Parekh, L. Poole, P. (2002). Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant Soil*. 245: 83-93.
- Kaur, G. Reddy, M. (2004). Role of phosphate- solubilizing bacteria in improving the soil fertility and crop productivity in organic farming. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 60 (4): 549- 564.
- Khan, A. Jilani, G. Akhtar, S, Naqvi, S. Resheed, 2009. Phosphorus solubilizing bacteria: Occurrence, mechanisms and their role in crop production. *Journal Agric. Biol. Sci*. 1 (1): 48- 58.
- Khan, M. Zaidi, A. Ahemad, M. Oves, M. Wani, P. (2010). Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi-current perspective. *Arch. Agron Soil Sci*. 56: 73-98.
- Küçük, Ç., Kivanç, M., Kinaci, E., & Kinaci, G. (2008). Determination of the growth and solubilization capabilities of *Trichoderma harzianum* T1. *Biologia*, 63(2), 167-170.
- Lambers, H., Shane, M. W., Cramer, M. D., Pearse, S. J., Veneklaas, E. J. (2006). Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: matching morphological and physiological traits. *Annals of botany*, 98(4), 693-713.
- Moratto, C. Matinez, L. Valencia, H. Sanchez, J. 2005. Efecto del uso del suelo sobre hongos solubilizadores de fosfato y bacterias diazotróficas en el páramo de Guerrero (Cundinamarca). *Agronomía Colombiana*. 23(2):299-309
- Murphy, J. Riley, J. (1962). Modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*. 27: 31-36.
- Nebel, B. Wright, R. 1996. *Environmental Science: The Way the World Works*. Prentice Hall. Estados Unidos: 637

Noh-Medina, J. Boges, L. Soria, M. (2010). Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12 (2): 219-228.

Restrepo-Franco, G. Marulanda-Moreno, S. de la Fe-Pérez, Y. Díaz-de la Osa, A., Lucia-Baldani, V. Hernández-Rodríguez, A. (2015). Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*: 46 (1): 63-76.

Reta, D. Cueta J. Gaytán, M. Santamaría, C. (2007). Rendimiento y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio de maíz forrajero en surcos estrechos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 33: 145-151.

Rodríguez, R. Tavares, R. Medina, S. (2001). Cultivo moderno del tomate. 2a Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España: 255.

Tapia, Y. García, F. (2013). La disponibilidad del fósforo es producto de la actividad bacteriana en el suelo en ecosistemas oligotróficos: una revisión crítica. *Terra Latinoamericana*, 31(3): 231-242.

Tisdale, S. Nelson, W. Beaton. J. Havlin, J. (2004). *Soil fertility and fertilizers*. 7 Edición: 205.

Vassilev, N. Vassileva, M. Azcón, R. 1997. Solubilization of rock phosphate by immobilized *Aspergillus niger*. *Bioresource Technology*. 59: 1-4.

Vera D. H., Herando P. Herando V., 2002. Aislamiento de hongos solubilizadores de fosfatos de la rizosfera de Arazá (*Eugenia stipitata*, Myrtaceae). *Acta biológica Colombiana* 7 (1): 33-40.

Whitelaw, S. McKeown, K. Williams, J. (1997). Global health promotion models: enlightenment or entrapment?. *Health education research*. 12 (4): 479-490.