



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

**"MANEJO DE RESISTENCIA AL FRÍO DE *Tamarix chinensis* EN
EL EX-LAGO DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO"**

Tesis

Que como requisito parcial para obtener el Grado de:

Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales

PRESENTA

Rodrigo Ignacio Cortés Castillejos

Chapingo, Texcoco, Estado de México Enero del 2014.



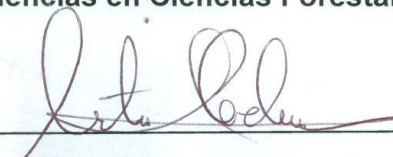
DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



La presente Tesis titulada “**MANEJO DE RESISTENCIA AL FRÍO DE *Tamarix chinensis* EN EL EX-LAGO DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**” fue realizada por el C. **Rodrigo Ignacio Cortés Castillejos** bajo la Dirección del Dr. José Artemio Cadena Meneses y Dr. Tulio Méndez Montiel, aprobado por el comité asesor y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales

DIRECTOR:


DR. JOSÉ ARTEMIO CADENA MENESES

COORDIRECTOR:


DR. JOSÉ TULIO MÉNDEZ MONTIEL

ASESOR:


DR. FRANCISCO ALBERTO DOMÍNGUEZ ÁLVAREZ

Chapingo, Estado de Mexico, Enero 2014

DEDICATORIA

A dios quien me permite cumplir con mi misión en esta vida tan maravillosa y a mis padres quienes me han dado lo mejor de ellos y que con sus fuerzas, su amor y consejos me han sabido guiar por esta genial aventura de mi vida. Mi total reconocimiento a mis padres.

Los éxitos de nuestra vida son más gratificantes cuando somos agradecidos con nuestros seres queridos y estos éxitos obtienen un mayor valor cuando los compartimos con nuestra gente.

Rodrigo Cortés

AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO A DIOS QUIEN ES EL MAESTRO Y EL ARTICULADOR DE LA GRANDIOSA VIDA DEL SER HUMANO, MAESTRO POR EXCELENCIA QUE NOS ENSEÑA SU AMOR DE FORMA INCONDICIONAL. LE AGRADEZCO POR PERMITIRME COMPARTIR LA VIDA CON MI HERMOSA FAMILIA.

A MI BELLA ESPOSA, QUIEN ME APOYA EN TODOS LOS MOMENTOS DE MI VIDA Y A QUIEN AMO CON TODAS MIS FUERZAS. ESTOY ORGULLOSO Y DICHOSO DE TENERTE A MI LADO.

A MIS HERMOSOS HIJOS, QUIENES ME DAN EL MAYOR ÉXITO Y RECONOCIMIENTO QUE PUEDO LOGRAR EN MI TRAYECTORIA: SU SONRISA Y ALEGRIA.

A MI MARAVILLOSO PADRE, QUIEN SIEMPRE TUVO LAS PALABRAS PARA GUIARME Y HACERME VER SIEMPRE LO MEJOR Y LO BUENO DE CADA INSTANTE DE MI VIDA.

A MI ESTUPENDA MADRE, QUE CON SU AMOR ME FORJO PARA SER UN HUMANO DE BIEN Y QUIEN ME HA ALENTADO CADA INSTANTE DE MI VIDA.

A MI GRAN HERMANA, QUE SIEMPRE HA CONFIADO EN MI Y QUE CON SU CARÍÑO INCONDICIONAL ME SIENTO AFORTUNADO DE CONTAR CON ELLA.

A MI PADRINO, QUIEN ME APOYA EN TODOS LOS INSTANTES DE MI VIDA Y HA CONFIADO EN MI INCONDICIONALMENTE.

AL INGENIERO RAUL, QUIEN ES UNO DE LOS SERES HUMANOS QUIEN MAS ADMIRO POR SUS VALORES QUE DEMUESTRA Y POR SU GRAN FORTALEZA Y GRATITUD A LA VIDA.

A MI FAMILIA: ABUELOS, TIOS, TIAS, SUEGROS, PRIMOS, CUÑADOS Y AMIGOS. LES AGRADEZCO POR CADA SEGUNDO QUE HEMOS COMPARTIDO JUNTOS.

A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO POR DARMELAS HERRRAMIENTAS PARA SER UN MEJOR PROFESIONISTA.

AL POSTGRADO DE CIENCIAS FORESTALES POR DARMELA OPORTUNIDAD DE SER UN PROFESIONISTA MEJOR PREPARADO Y PERMITIRME CONCLUIR CON ÉXITO MI MAESTRIA.

AL CONACYT, BENDITA INSTITUCIÓN QUIEN CONFIO EN MI Y APOSTO DE FORMA ECNNÓMICA PARA LA GENERACIÓN DE UN HUMANO MEJOR PREPARADO.

AL DR. TULIO POR SU ASESORIA BRINDADA PARA LA REALIZACIÓN DE MI TESIS Y HACER REALIDAD ESTE LOGRO DE MI VIDA.

A MIS ASESORES EL DR. CADENA, EL DR. DOMINGUEZ Y MAESTRO CORONA QUIENES ME APOYARON CON SU CONOCIMIENTO PARA HACER QUE ESTE TRABAJO FUERA UN ÉXITO.

AL ING. RAUL Y AL M.C. NEAVE QUIENES ME AYUDARON EN CADA INSTANTE CON SU ASESORIA PARA LA ELABORACIÓN DE MI TESIS.

DATOS BIOGRÁFICOS

Rodrigo Ignacio Cortés nació el 14 de Agosto 1986 en Minatitlán, Veracruz. Curso la Secundaria Técnica en la Escuela No. 34 en Tanhuato, Michoacán. La preparatoria en el Colegio primitivo Nacional de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, Michoacán. Comenzó sus estudios de Propedéutico en la Universidad Autónoma Chapingo donde también concluyó la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola, Texcoco Estado de México (Generación 2007-2011). La Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales en la División de Ciencias Forestales de la misma Universidad. Como experiencia laboral fue gerente de producción del Rancho San José en producción de hortalizas y granos, en San José Texopa, Estado de México. Promotor de financiamiento, formulador de proyectos de FIRA Banco de México. Articulador de la Red Forestal en el Estado de Guerrero.

“MANEJO DE RESISTENCIA AL FRÍO DE *Tamarix chinensis* EN EL EX-LAGO DE TEXCOCO, MÉXICO”

RESISTANCE MANAGEMENT TO FROST in *Tamarix chinensis* IN THE EX-LAKE OF TEXCOCO, STATE OF MEXICO"

Rodrigo Ignacio Cortés Castillejos, *¹ José Artemio Cadena Meneses*²

RESUMEN

Se realizó un experimento en el vivero del Ex-Lago de Texcoco, Estado de México, para demostrar que el uso del potasio tanto por fertilización como aplicación foliar incrementa en *Tamarix chinensis* la resistencia al daño por bajas temperaturas y por patógenos, esto con el fin de disminuir el daño y mortandad de planta por heladas en *Tamarix chinensis* y por consiguiente incrementar la resistencia contra patógenos.

Se estableció un experimento factorial, con dos factores: los cuales consistieron en la fertilización con Nitrato de Potasio y aplicación foliar de Fosfito de Potasio, cada uno con tres niveles como se muestra en el Cuadro 1. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con seis repeticiones. Resultando nueve los tratamientos más un testigo. Se muestrearon dos plantas por repetición, con un total de 120 plantas; se evaluó porcentaje de follaje sano, porcentaje de necrosis en tallo y número de brotes sanos en 10 cm de longitud de la planta.

La dosis total puede variar en función de los cultivos, la concentración más idónea en el agua para aplicación foliar por aspersión debe oscilar entre 0.5 g KNO₃ + 8 ml K₂P₂O₅, 0.5 g KNO₃ + 10 ml K₂P₂O₅ y 1.5 g KNO₃ + 10 ml K₂P₂O₅. Los resultados indican que el fosfito de Potasio representa una alternativa ecológica y de prevención que bien merece ser considerada en el manejo integrado de cualquier cultivo.

Palabras clave: *Tamarix chinensis*, fosfito de potasio, nitrato de potasio, follaje, necrosis, brotes.

1 Autor

2 Director

ABSTRACT

An experiment in the Texcoco ex – Lake was made to show the use of potassium as well as for fertilization as for foliar application to improve the resistance to damage due to low temperatures and pathogens in *Tamarix chinensis*. This in order to diminish damage and mortality per plant caused by frost in *Tamarix chinensis* and therefore to improve the resistance to pathogens.

A two factorial experimental design was established with two factors: which consisted in the fertilization using potassium nitrate and foliar application with potassium phosphite each one with three levels as shown in table 1. A randomized block with six repetitions was used giving nine treatments plus a witness. From 120 plants, two plants per repetition were sampled to evaluate a percentage of healthy foliage, necrosis and number of healthy sprouts in 10 cm length stem of the plant.

The total dose can vary in relation to the crops, the most ideal concentration in water for spray application in foliage must vary among: 0.5g KNO₃ + 8ml K₂P₂O₅, 0.5g KNO₃ + 10ml K₂P₂O₅ and 1.5g KNO₃ + 10 ml K₂P₂O₅. Results show that potassium phosphate represents an ecologic and preventive alternative that deserves to be properly considered in any crop-integrated management.

Key words: *Tamarix chinensis*, potassium phosphite, potassium nitrate, foliage, necrosis, sprouts.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO E HIPÓTESIS	3
HIPÓTESIS	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Familia Tamaricaceae	4
3.1.1 Género <i>Tamarix</i>	4
3.1.2 Características botánicas de <i>Tamarix chinensis</i> Loureiro.	5
3.1.3 Reproducción	6
3.1.4 Importancia	6
3.2 Resistencia	8
3.2.1 Resistencia al frío	10
3.3 Fertilización	11
3.3.1 Fertilización foliar	13
3.4 Fosfitos	15
3.4.1 Fosfito de Potasio	17
3.5 Nitrato de Potasio	19
IV. METODOLOGÍA	22
4.1 Diseño experimental	23
4.2 Aplicación de los tratamientos	25
4.3 Evaluación	26
4.4 Modelo estadístico	27
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
CANTIDAD DE FOLLAJE	29
NECROSIS DE FOLLAJE	35
BROTOS SANOS	40
VI. CONCLUSIONES	46
VII. BIBLIOGRAFÍA	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la Zona Federal del Ex lago de Texcoco	22
Figura 2. Selección de plantas de un año de edad	22
Figura 3. Asignación de bloques y tratamientos del experimento.....	24
Figura 4. Diseño en bloques establecido en campo.....	25
Figura 5. Aplicación de los tratamientos.....	26
Figura 6. Aplicación con bomba aspersora.....	26
Figura 7. Cantidad de follaje en tres diferentes periodos con intervalos de tres meses.....	31
Figura 8. Diferencias entre los mejores tratamientos y el testigo en la primera toma de datos.....	33
Figura 9. Diferencias entre los mejores tratamientos y el testigo en la segunda toma de datos.....	34
Figura 10. Necrosis de follaje en tres diferentes periodos con intervalos de tres meses.....	38
Figura 11. Diferencias en follaje necrótico entre el mejor tratamiento 0.5 g KNO ₃ + 8 ml K ₂ P ₂ O ₅ y el testigo en la segunda toma de datos.....	39
Figura 12. Diferencias entre los mejores tratamientos y el testigo en la tercera toma de datos.....	39
Figura 13. Numero de brotes sanos en 10cm de tallo en tres diferentes periodos con intervalos de tres meses.....	43
Figura 14. Diferencias entre los mejores tratamientos y el testigo en la tercera toma de datos.....	44

Figura 15. Diferenciación de brotes vivos en el Tratamiento 9 y brotes muertos en el testigo.....	45
--	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Factores y niveles del diseño factorial	23
Cuadro 2. Tratamientos del experimento	23
Cuadro 3. Fechas de aplicación de los tratamientos	25
Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza para la variable cantidad de follaje definida al final del experimento en <i>Tamarix chinensis</i>	29
Cuadro 5. Cantidad de follaje de <i>Tamarix chinensis</i> , tratamientos con Nitrato y Fosfito de Potasio en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012	30
Cuadro 6. Resultados del análisis de varianza para la variable necrosis de follaje definida al final del experimento en <i>Tamarix chinensis</i>	35
Cuadro 7. Necrosis de follaje de <i>Tamarix chinensis</i> , tratamientos con Nitrato y Fosfito de Potasio en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012	37
Cuadro 8. Resultados del análisis de varianza para la variable número de brotes sanos definida al final del experimento en <i>Tamarix chinensis</i>	40
Cuadro 9. Numero de brotes de <i>Tamarix chinensis</i> , tratamientos con Nitrato y Fosfito de Potasio en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012	42

I. INTRODUCCIÓN

Tamarix chinensis es un árbol que pertenece a la familia Tamaricaceae, nativas de áreas secas de Eurasia y África, pueden ser arbustos caducifolios o perennifolios, o pequeños árboles de 5 - 10 metros de altura. Generalmente pueden vivir en suelos salinos, tolerando hasta 15,000 ppm de sal soluble.

Se multiplica vegetativamente, por sus raíces adventicias o tallos enterrados, y sexualmente por semillas. El género *Tamarix* está adaptado al fuego, ya que posee largas raíces que penetran hasta la capa freática, aprovechando aguas subterráneas.

La nutrición afecta la resistencia de las plantas al estrés y a las enfermedades, así como los procesos fisiológicos (Krause, 1991) y la morfología; todo ello determina el estado de las plantas antes de que sean llevadas a la plantación (Rook, 1991). El aporte de nutrientes en vivero es quizá, junto con el manejo del riego, una de las prácticas culturales de mayor importancia en la producción de planta, especialmente en contenedor (Landis, 1989).

La calidad de planta puede ser evaluada mediante indicadores morfológicos, fisiológicos y vía realización de pruebas, el primer caso incluye mediciones de diámetro y altura, como ejemplo. El segundo, la concentración de nutrientes o de carbohidratos. Otras pruebas abarcan, por ejemplo, el crecimiento potencial de la raíz y la resistencia a frío (Rodríguez, 2007).

Se ha observado que *Tamarix* es una planta susceptible a las bajas temperaturas por lo que año con año en la fase de vivero hay un alto porcentaje de daño por esta razón.

II. OBJETIVO

- Demostrar que el uso del potasio tanto por fertilización como aplicación foliar incrementa en *Tamarix chinensis* la resistencia al daño por bajas temperaturas y por patógenos.

HIPÓTESIS

- El uso del potasio disminuirá el daño por helada en *Tamarix chinensis* y por consiguiente incrementará la resistencia contra patógenos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Familia Tamaricaceae

La familia Tamaricaceae está constituida por 5 géneros (*Hololachna*, *Myricaria*, *Myrtama*, *Reaumuria* y *Tamarix*) y 90 especies, de las cuales 50 pertenecen al género *Tamarix* (Stevens, 2001). Son árboles o arbustos de grandes dimensiones que presentan hojas alternas con base envainadora y flores perfectas, actinomorfas, solitarias o frecuentemente en inflorescencia racemiforme o especiforme. Su fruto es una cápsula loculicida y las semillas presentan o no endospermo, un embrión recto, con alas o pelos. Generalmente son polinizadas por insectos y se diseminan por el viento. Crece en regiones templadas y subtropicales principalmente del Viejo Mundo, en suelos secos, salobres y a veces hidromorfos, cercanos a ríos o mares (Casco, 2003).

3.1.1 Género *Tamarix*

El género *Tamarix* comprende unas 54 especies originarias de África y Eurasia, muchas de las cuales han sido introducidas en regiones áridas de América y Australia donde consiguieron establecer poblaciones espontáneas (Natale *et al.*, 2008).

En la década de 1830 ocho especies del género *Tamarix* fueron introducidas en los Estados Unidos. *Tamarix ramosissima* se dispersó explosivamente a finales de la década de 1920 y para la década de 1970 ocupó grandes áreas sobre cursos de agua y lagos del oeste de Estados Unidos (De Loach *et al.*, 2000), mientras que *T. parviflora* invade las costas y áreas centrales de California. En la actualidad

el género ocupa unas 650,000 ha en 23 estados de los Estados Unidos, desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm., convirtiéndose en el género más abundante en las áreas ribereñas del sudoeste del país y en un factor significativo de alteración ambiental e impacto económico (Zavaleta, 2000). En este contexto, la invasión de tamarisco se considera uno de los peores desastres ecológicos de los ecosistemas ribereños de América del Norte (De Loach *et al.*, 2000). Situaciones similares se repitieron en Australia y en México (Natale *et al.*, 2008).

3.1.2 Características botánicas de *Tamarix chinensis* Loureiro.

Tamarix chinensis Lour. Pertenece a la familia botánica Tamaricaceae, también es conocida científicamente como *Tamarix pendandra* (Pallas), *Tamarix ramosissima* (Ledebour), *Tamarix gallica* (L.) var. *micrantha* (Ledebour) y *Tamarix pentandra* (Pallas) ssp. *tigrensis* (Bge.) (Allred, 2002).

Tamarix chinensis Loureiro se conoce comúnmente como tamarisco o pino salado. De vez en cuando crece con un tronco definido como un árbol, pero en general crece como un arbusto de tallo múltiple de hasta 6 m de altura. La corteza de los troncos o tallos más grandes, es de color marrón rojizo a marrón oscuro o negruzco y se vuelve lisa, acanalada y arrugada con la edad. Las hojas son escamosas, caducas y miden 1.5 x 3.5 mm de largo. Las diminutas flores son de cinco pétalos, de color rosa a blanco o rojo, y se disponen en numerosos grupos en el extremo de las ramas. Las semillas son de color marrón rojizo y extremadamente pequeñas (Allred, 2002).

En Estados Unidos invade cauces de ríos y orillas de lagos y arroyos, entre los 0 y 2500 msnm, donde florece a principios de primavera verano. Morfológicamente muy similar a *T. ramosissima* con la que comúnmente hibridiza (Gaskin y Schaal, 2002).

3.1.3 Reproducción

La floración de Tamariz se presenta en los meses de abril a agosto, los insectos son los encargados de polinizar las flores. Al producirse las semillas, las cuales son muy pequeñas, llegan a su madurez en el verano y otoño y son dispersadas por las aves y por el agua. Sin embargo, la semilla puede tener la longevidad limitada en condiciones de humedad, por lo cual se deben conservar en recipientes cerrados con desecante a una temperatura de 3 a 27°C para mantener una alta viabilidad. La reproducción vegetativa por retoños y ramas de enraizamiento es frecuente (Baskin 2001).

3.1.4 Importancia

Tamarix es nativa del sur de Europa, norte de África, y Asia oriental. La planta fue introducida en los Estados Unidos como planta ornamental, barreras rompeviento y para prevenir la erosión del suelo a lo largo de los arroyos, su adaptación fue rápida por lo cual se ha naturalizado a lo largo de arroyos, canales y riberas de los ríos (Allred, 2002). Especies de Tamariz, aunque no específicamente *T. chinensis*, se han utilizado para combustible y materiales de construcción por las tribus nativas americanas en el oeste de Estados Unidos (Moerman, 1998). Con el paso del tiempo han adquirido un valor comercial en el paisaje y el comercio hortícola;

existen muchas variedades que han sido elegidas por el color de la flor y la forma de crecimiento (Dirr, 1998).

Tamarix es considerada también como una planta agresiva que puede crear rápidamente un monocultivo a lo largo de lagos y zonas de navegación; se clasifica como freatofita, lo que significa que la planta usa cantidades muy grandes de agua subterránea. Una sola planta es capaz de transpirar más de 200 galones de agua por día, por lo tanto el flujo total de agua a lo largo de los drenajes puede reducirse o eliminarse por completo (Natale *et al.*, 2008).

Por otra parte, altera los hábitat de animales y desplaza plantas nativas con ayuda de sus hojas, ya que éstas, exudan sales para aumentar la salinidad del suelo circundante y evitar el establecimiento de otras plantas. Las aves y animales nativos en general no se alimentan de sus semillas ni de sus hojas. Los rodales densos de *Tamarix* pueden tener un impacto importante en el equilibrio hidrológico de la zona (Allred, 2002).

La invasión de tamariz (*Tamarix* spp.) altera tanto la composición de especies como los procesos ecosistémicos. Los cambios ambientales asociados a la proliferación de las especies de este género incluyen la modificación de los cursos de agua, la reducción de la disponibilidad de agua subterránea y superficial, el aumento de la salinidad de los suelos, cambios en la dinámica del fuego, el empobrecimiento de la vida silvestre y la reducción del valor recreativo y productivo de la tierra (Natale *et al.*, 2008).

3.2 Resistencia

Las plantas han evolucionado y desarrollado complejos y variados mecanismos de defensa para protegerse de factores bióticos y abióticos. Estos mecanismos pueden ser constitutivos (activos durante toda la vida de la planta) o inducidos (Agrawal, 1998, citado por Cortes, 2008).

Las plantas son frecuentemente sometidas a estrés, condiciones externas que adversamente afectan su crecimiento, desarrollo o productividad. El estrés puede ser biótico, provocados por otros organismos, o abiótico, causados por condiciones desfavorables en el ambiente físico o químico (Heinz, 2013).

El estrés dispara un amplio rango de respuestas en la planta, desde alteraciones en la expresión genética y el metabolismo celular, hasta cambios en la tasa de crecimiento y rendimientos de los cultivos. La tolerancia o sensibilidad al estrés depende de las especies, del genotipo y del estadio de desarrollo de la planta (Heinz, 2013).

Factores ambientales como el frío, heladas, calor, salinidad, sequía, acidez del suelo e inundación son causantes de estrés abiótico en las plantas, la mayoría induce estrés osmótico. El uso de plantas tolerantes a este tipos de estrés podría permitir el uso y la recuperación de tierras afectadas por salinidad, acidez, sequía, entre otros (Heinz, 2013).

La respuesta de las plantas a niveles letales o sub-letales de estrés en un ambiente desfavorable, podría enfrentar las siguientes situaciones: a) Estrés letal

que puede conducir a la muerte de la planta debido al incremento de los procesos de senescencia; b) Estrés sub-letal o estrés letal precedido por un estrés sub-letal durante el cual pueden producirse cambios adaptativos que permiten la supervivencia de la planta (tolerancia). Estas adaptaciones pueden ocurrir a nivel molecular (expresión génica y síntesis proteica) o a nivel bioquímico (síntesis de nuevos metabolitos), lo que conduce a respuestas celulares y fisiológicas alteradas (Chen y Murata, 2002).

Actualmente se conocen dos tipos de resistencia, la resistencia sistémica adquirida (RSA) y la resistencia sistémica inducida (RSI). La RSA puede ser inducida por agentes bióticos (tales como patógenos atenuados) o abióticos (como compuestos químicos) (Pieterse *et al.*, 1996; Kloepper *et al.*, 2004, citado por Cortes, 2008).

El uso de fosfitos es una alternativa reciente en el control de enfermedades; estimulan los mecanismos de defensa de la plantas, produciendo un fortalecimiento de los tejidos, su modo de actuar escapa a la acción normal de los fungicidas, pues no opera como destructor del patógeno sino que estimula la producción de defensas naturales como las fitoalexinas (greencareby-sas.com); las cuales son inducidas por componentes de origen microbial llamados elicitores (Walton,1997), o bien por agentes químicos o mecánicos. La mayoría de esas fitoalexinas se producen en las plantas en respuesta principalmente a la infección causada por los hongos, en general son mucho más tóxicas para hongos que para bacterias, aunque puede haber excepciones (Salisbury y Ross, 1994).

3.2.1 Resistencia al frío

Típicamente, el crecimiento de la planta en función de la temperatura se describe como lento a baja temperatura, se acelera cuando se alcanza cierta temperatura óptima y, cuando se excede cierto límite de baja temperatura, cesa el crecimiento” (Lightbourn, 2013).

El crecimiento de la plantas es influido por diversos factores del medio ambiente, pero ninguno más importante que la temperatura. Las temperaturas extremas son la causa principal de enfermedades abióticas. Como las plantas no pueden huir del ambiente estresante y protegerse de las condiciones adversas, han desarrollado varias estrategias durante su evolución para adaptarse a las cambiantes condiciones del medio ambiente (Lightbourn, 2013).

El frío es un estrés ambiental que determina daños económicos en los cultivos y limita la distribución de especies silvestres y cultivadas (Pearce, 2001). Sin embargo, algunas plantas han evolucionado y desarrollado mecanismos de resistencia al frío (Chaar, 2013). La resistencia puede cambiar notablemente con la estación y el estado de desarrollo de las plantas, entre otros factores (Burke *et al.*, 1976).

La resistencia al frío puede ser constitutiva, como una característica genética de la especie, o inducida. La inducción puede ocurrir cuando la planta es expuesta a

bajas temperaturas, generalmente entre 0 y 10°C, también conocida como aclimatación al frío o endurecimiento. La mayoría de las plantas resistentes al frío pueden incrementar su endurecimiento mediante la inducción ambiental de baja temperatura no perjudicial (Chaar, 2012).

Durante el proceso de endurecimiento al frío tienen lugar una serie de cambios morfológicos y fisiológicos que permiten a las plantas aclimatarse a las nuevas condiciones atmosféricas y sobrevivir durante el invierno. El transporte de sustancias de reserva hacia órganos perennes, la disminución en el contenido de humedad de los tejidos, la transformación de almidón en azúcares solubles y las modificaciones en la composición lipídica de las membranas celulares son algunos de ellos (Pearce, 2001).

De tal manera, la forma más efectiva para combatir el daño por frío, además de elegir solamente aquellas áreas menos propensas a la ocurrencia de heladas, es seleccionar los cultivares más resistentes (Burke *et al.*, 1976). Asimismo, cultivares con elevada densidad de floración pueden compensar parcialmente el daño por heladas, siendo un criterio de selección en programas de mejoramiento genético. La fecha de floración tardía es otra característica deseable en los materiales vegetales, en aquellos sitios donde son comunes las heladas primaverales (Chaar *et al.*, 2012).

3.3 Fertilización

La adecuada nutrición mineral de un cultivo es influida por el conocimiento de los requerimientos de la planta y por la cantidad e intensidad de nutrimentos del suelo en donde se tiene el cultivo. Cuando el suelo no puede suplir

adecuadamente los nutrimentos para un normal desarrollo de las plantas, se hace necesario su adición en las cantidades y formas apropiadas (Salas, 2002).

Los nutrimentos minerales esenciales para las plantas son aquellos necesarios para la ocurrencia de un ciclo de vida completo, involucrados en funciones metabólicas o estructurales en las cuales no pueden ser sustituidos, y cuya deficiencia se asocia a síntomas específicos (Gutiérrez, 2002).

Los minerales esenciales incluyen: a) C, H, O, N y S (principales constituyentes de la materia orgánica), b) P, B y Si (esterificados con alcoholes en las plantas), c) K, Na, Mg, Ca, Mn y Cl (absorbidos como iones de la solución del suelo), y d) Fe, Cu, Zn y Mo (absorbidos como iones o quelatos) (Gutiérrez, 2002).

Generalmente la nutrición vegetal puede ser por vía radicular y vía foliar. La movilidad de los nutrimentos puede ser en el suelo o dentro de la planta y dependiendo de su movilidad se pueden desarrollar determinados síntomas de deficiencia (Miramontes, 2013). Para cada nutrimento el patrón de distribución, la proporción y extensión del reciclaje y removilización varía enormemente con el nutrimento, las condiciones ambientales, el estado nutricional de la planta, la especie y el estado de desarrollo (Salas, 2002).

Los fertilizantes contienen nutrientes de origen natural, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, que provienen de la propia naturaleza y por tanto

no son obtenidos por el hombre. Estos nutrientes son exactamente los mismos que los incluidos en los abonos orgánicos, pero en formas que pueden ser asimiladas por las plantas, lo que sucedería también de forma natural pero en un periodo mayor de tiempo (Miramontes, 2013).

3.3.1 Fertilización foliar

La fertilización foliar es el principio de aplicación de nutrimentos a través del tejido foliar, principalmente a través de las hojas, que son los órganos donde se concentra la mayor actividad fisiológica de la planta. En esta técnica se utilizan sustancias fertilizantes que son asperjadas al follaje en forma de solución nutritiva, utilizando el agua como medio de disolución (Molina, 2002).

La fertilización foliar es una práctica muy extendida en México con buenos resultados y alta confiabilidad en la productividad, cuando la fertilización edáfica no es suficiente y/o ineficiente. Por tal motivo, es esencial el conocimiento de los procesos fisiológicos de las plantas para el entendimiento de este proceso nutrimental (Miramontes, 2013). Es importante comprender que este método sólo puede complementar pero en ningún momento sustituir la fertilización al suelo. Esto se debe a que las dosis a aplicar vía foliar son muy pequeñas en comparación con las dosis aplicadas al suelo para obtener buenos rendimientos (Salas, 2002).

Como se mencionó anteriormente, la nutrición foliar es un método complementario en la aplicación de nutrimentos por lo que su absorción a través de la hoja puede ser afectada por factores externos tales como la concentración del producto, la valencia del elemento, el o los nutrimentos involucrados, el ion acompañante, las condiciones tecnológicas de la aplicación y de factores ambientales tales como temperatura, humedad relativa, precipitación y viento. Así como también, por factores internos como la actividad metabólica (Salas, 2002). La nutrición foliar es más regular que la nutrición edáfica, tiene mayor utilización de los nutrimentos y menor contaminación ambiental (Miramontes, 2013).

Los daños causados por heladas son por lo general la pérdida de follaje, las aplicaciones de nitrógeno ayudan a restaurar el área foliar afectada y se ha indicado que el potasio aplicado foliarmente en forma preventiva, puede atenuar los daños por el frío. La salinidad de los suelos es otro factor que afecta la absorción de agua y nutrimentos por la planta. Las sales aumentan la succión osmótica de la humedad del suelo, lo cual aumenta la retención de agua en el suelo, y como consecuencia afecta el movimiento de nutrimentos del suelo a la planta. Por esta razón, el uso de fertilizantes al suelo puede restringirse y la fertilización foliar puede ser una alternativa beneficiosa (Salas, 2002).

La fertilización foliar también tiene sus limitaciones. No obstante, a lo largo de los últimos diez años, ha alcanzado popularidad y un importante lugar entre

técnicos y productores en el proceso de fertilización integral de las plantas (Miramontes, 2013).

3.4 Fosfitos

El fósforo (P) es un elemento esencial requerido por todos los organismos vivos. El P en forma elemental no aparece en la naturaleza porque es muy reactivo, se combina rápidamente con otros elementos como oxígeno (O) e hidrógeno (H). Cuando se oxida completamente, el P se une con cuatro átomos de O para formar la conocida molécula de fosfato. Sin embargo, cuando no se oxida completamente un átomo de H ocupa el lugar del O y la molécula resultante se denomina fosfito. El fosfito completamente oxidado es la forma más estable de P en el ambiente, por esta razón, el fosfito pasa por una transformación gradual después de adicionarse al suelo hasta formar fosfatos (Lovatt, 2006).

Algunos estudios han corroborado que las formas reducidas de fosfatos no son aprovechables directamente por las plantas y que requieren de un proceso de oxidación previo para que su absorción y aprovechamiento por la planta, realmente ocurra (Marschner 1995; MacIntire *et al.*, 1950, McDonald *et al.* 2001).

Los fosfitos, son sales metálicas alcalinas derivadas del ácido fosforoso (H_3PO_2) que se combinan con diferentes elementos como Ca, K, Al, Mn, Mg y Zn. Se han extendido para uso agrícola como fertilizante, bioestimulante, inductor de

resistencia y en algunos casos, como fungicida tanto en cultivos extensivos como intensivos (Carmona y Sautua, 2011). Se les reconoce su efecto fungicida sobre oomicetos (Ouimette y Coffey 1989, Carswell *et al.* 1996, Orovic *et al.* 2008), de los cuales *Phytophthora* y *Pythium* son los géneros más importantes.

El fosfito perturba el metabolismo de *Phytophthora* mediante la acumulación masiva de polifosfatos y pirofosfatos. La toxicidad del fosfito para *Phytophthora* se propone que se debe principalmente a su capacidad de incrementar los pirofosfatos y por lo tanto indirectamente inhibir reacciones clave de pirofosforilasas que son esenciales para el anabolismo. Un efecto importante del fosfito consiste en la alteración de la composición de las paredes celulares de los hongos y oomicetos, de forma que se ha detectado un mayor número de elicitors en las membranas celulares de hongos en plantas tratadas con fosfito, de forma que estos elicitors estimulan los sistemas de respuesta natural de defensa. Por otra parte, las plantas han desarrollado varios sistemas endógenos efectivos y sofisticados para el combate contra infecciones de patógenos. Son capaces de reconocer la mayoría de organismos invasores y responder a su presencia generando un potente entorno antimicrobiano cerca de la zona afectada. Esto hace que el organismo invasor quede restringido a una zona concreta en la planta. Las plantas tratadas con fosfito parecen ser capaces de generar un entorno antimicrobiano más efectivo que las no tratadas con fosfito (greencareby-sas.com).

Otras propiedades importantes de los fosfitos son su rápida absorción, excelente movilidad por xilema y floema, el impacto positivo en la formación de flores, frutos y raíces, presencia de una alta estabilidad metabólica en la planta y compatibilidad con el medio ambiente (Carmona y Sautua, 2011).

El interés por los fosfitos se reactivó cuando se demostró que un producto comercial (una sal de fosfanato de aluminio denominada fosetyl-Al) se movía desde las hojas hacia las raíces por el floema en forma de fosfito y proporcionaba control de algunas enfermedades radicales y resistencia a factores abióticos (Lovatt, 2006).

3.4.1 Fosfito de Potasio

El fosfito de potasio pertenece al grupo químico de los fosfanatos, categoría toxicológica III de bajo impacto ambiental; es decir, que la aplicación del fosfito de potasio es poco peligrosa al hombre, a los animales y al ambiente y es comercializado como fertilizante y fungicida (Barpen, 2004).

Los fosfitos de potasio monobásico (KH_2PO_3) y dibásico (K_2HPO_3) se caracterizan por ser más solubles en agua y móviles en la planta, tanto en sentido ascendente como descendente, que los fosfatos (PO_4). Conociendo estas ventajas Thizy *et al.* (1997), al evaluar el ácido fosforoso y los fosfitos como una fuente de fósforo en cítricos, descubrieron la eficiencia del fosfito de potasio en el control de

Phytophthora palmivora, agente causal de la gomosis de los cítricos. Con base en este descubrimiento, el fosfito de potasio fue patentado por los mismos investigadores como fungicida para el control de pseudohongos de la clase Oomycetes. A partir de entonces, diferentes trabajos han confirmado la eficiencia del fosfito de potasio en el control de esta clase de fitopatógenos en diferentes cultivos.

De acuerdo con Thao y Yamakawa (2009), la comercialización de los fosfitos como fuente de fósforo no es la indicada debido a que la planta absorbe el fósforo y lo incorpora en el tejido vegetal en la forma de fosfato y no de fosfito.

La eficiencia del fosfito de potasio en el control de fitopatógenos de la clase Oomycetes es atribuida a un efecto directo e indirecto.

1) Directamente, la incorporación de fosfito en el medio de cultivo tuvo un efecto fungicida al restringir el crecimiento e inhibir la esporulación de *Pythium* (Lobato *et al.*, 2007) y la aplicación de fosfitos a la base de las plantas en lupino (*Lupinus angustifolius* L. “Unicrop”) las protegió del ataque de *Phytophthora cinnamomi* (Rands), en tabaco (*Nicotiana tabacum* Linneo. Hicks) de *P. nicotianae* y en papaya (*Carica papaya* Tourn. ex L) de *P. palmivora* (Smillie *et al.*, 1989).

2) Indirectamente, el fosfito de potasio ha sido considerado como un inductor de la Resistencia Sistémica Adquirida (SAR), la cual consiste en un mecanismo natural desarrollado por las plantas para defenderse del ataque de microorganismos fitopatógenos y de insectos plaga. En la planta el fosfito de potasio es dissociado en las formas de ácido fosforoso (H_3PO_3) y K; el ácido fosforoso al ser reconocido por

la planta como un metabolito del patógeno, activa los mecanismos de defensa estimulando la producción de fitoalexinas, las cuales son reconocidas por sus propiedades biocidas contra diferentes grupos de agentes causales de enfermedades de la clase Oomycetes, Hyphomycetes (*Botrytis cinerea*) y Agonomycetes (*Rhizoctonia solani*) (Daniel *et al.*, 2005).

3.5 Nitrato de Potasio

Las plantas absorben potasio en forma elemental (K^+). Es un elemento muy móvil dentro de la planta e importante en la formación de aminoácidos y proteínas. Aunque no forma parte de los compuestos metabólicos, es necesario para el metabolismo de los carbohidratos, la síntesis de proteínas, el control y regulación de las actividades de varios elementos esenciales, la neutralización de ácidos orgánicos, la activación de varias enzimas, el crecimiento de meristemos y el movimiento de los estomas (Quintero, 1995).

El nitrato de potasio (KNO_3) es una fuente soluble de dos nutrientes esenciales muy importantes (N y K), la cual puede ser aplicada vía foliar o por equipos de fertirrigación. Su aplicación foliar es una forma efectiva para que el Nitrógeno y el Potasio lleguen directamente a la planta y se incorporen en los procesos metabólicos; de esta forma disminuye el aborto de estructuras florales aumentando así el número de frutos por planta (FUMEX, 2009).

Es, comúnmente, utilizado como fertilizante para cultivos de alto valor que se benefician con la nutrición de nitratos (NO_3^-) y una fuente de potasio (K) libre de cloruro (Cl^-) (IPNI, 2013).

El fertilizante nitrato de potasio (a veces referido como nitrato de potasa o NOP) es típicamente fabricado mediante la reacción de cloruro de potasio (KCl) con una fuente de nitrato. Dependiendo de los objetivos y las fuentes disponibles, el nitrato podría provenir de nitrato de sodio, ácido nítrico, o nitrato de amonio. El KNO_3 resultante es idéntico independientemente del proceso de fabricación. El nitrato de potasio es comúnmente comercializado como un material cristalino, soluble en agua principalmente utilizado para la disolución y aplicación con agua o en forma perlada para la aplicación al suelo (IPNI, 2013).

El uso del KNO_3 es especialmente deseable en condiciones donde se necesita una fuente de nutrientes altamente soluble y libre de cloro. Todo el nitrógeno (N) está inmediatamente disponible para la absorción de las plantas como nitrato, no requiriendo acción microbiana o transformación adicional en el suelo. Los productores de cultivos de hortalizas y frutales de alto valor a veces prefieren utilizar una fuente nutricional a base de nitrato en un esfuerzo por incrementar rendimiento y calidad. El nitrato de potasio contiene una proporción relativamente alta de K, con una relación N:K de aproximadamente 1:3. Muchos cultivos poseen altas demandas de K, y a la cosecha, pueden remover tanto o más K que N (DOI, 2004).

Las aplicaciones de KNO_3 al suelo se realizan antes de la estación de crecimiento o como suplemento durante la misma. Una solución diluida es a veces rociada sobre el follaje de la planta para estimular procesos fisiológicos o para corregir deficiencias nutricionales. La aplicación foliar de K durante el desarrollo de frutos puede ser ventajosa para varios cultivos, ya que esta etapa de crecimiento suele coincidir con altas demandas de K durante el tiempo de caída de la actividad radical y absorción de nutrientes. También es comúnmente utilizado para la producción en invernadero e hidroponía (IPNI, 2013).

Tanto N como K, son requeridos por las plantas para sostener la calidad de cosecha, formación de proteínas, resistencia a enfermedades y eficiencia de uso del agua. Por lo tanto, el KNO_3 suele ser aplicado al suelo o a través de sistemas de riego durante la fase de crecimiento para mantener un crecimiento saludable (FUMEX, 2009).

El nitrato de potasio representa sólo una pequeña parte del mercado mundial de fertilizantes potásicos. Principalmente se utiliza donde su composición y propiedades únicas son adecuadas para proveer beneficios específicos para los productores. Es fácil de manipular y aplicar, y es compatible con muchos otros fertilizantes. Esto incluye su utilización para muchos cultivos especiales de alto valor, así como cultivos de grano y fibras (IPNI, 2013).

IV. METODOLOGÍA

El presente estudio se llevó a cabo en el vivero del ex-lago de Texcoco, Edo. de México ubicado en el Valle de México y ocupando la parte Sur de la Mesa Central en la República Mexicana. Se encuentra a una altura media de 2200 msnm y se ubican de acuerdo a las coordenadas geográficas, entre 19° 22' y 19°37' Latitud Norte, y a los 98° 54' y 99°03' de Longitud Oeste (Figura 1).



Figura 1. Localización de la Zona Federal del Ex lago de Texcoco.

La planta que se utilizó fue de un año de edad producida por medio de estacas del mismo vivero como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Selección de plantas de un año de edad.

4.1 Diseño experimental

Se estableció un arreglo factorial, 3^2 en bloques completos al azar con seis repeticiones con dos factores: los cuales consistieron en la fertilización con Nitrato de Potasio y aplicación foliar de Fosfito de Potasio, cada uno con tres niveles como se muestra en el Cuadro 1. Resultando nueve tratamientos, más un testigo presentados en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Factores y niveles ensayados.

FACTOR A. Nitrato de Potasio	FACTOR B. Fosfito de Potasio
0.5 g	6 ml
1 g	8 ml
1.5 g	10 ml

NOTA. Las dosis son por litro de agua.

Cuadro 2. Tratamientos del experimento.

Tratamiento	Descripción
1	Testigo
2	0.5 g KNO_3 + 6 ml $\text{K}_2\text{P}_2\text{O}_5$
3	0.5 g KNO_3 + 8 ml $\text{K}_2\text{P}_2\text{O}_5$
4	0.5 g KNO_3 + 10 ml $\text{K}_2\text{P}_2\text{O}_5$
5	1.0 g KNO_3 + 6 ml $\text{K}_2\text{P}_2\text{O}_5$
6	1.0 g KNO_3 + 8 ml $\text{K}_2\text{P}_2\text{O}_5$

7	1.0 g KNO ₃ + 10 ml K ₂ P ₂ O ₅
8	1.5 g KNO ₃ + 6 ml K ₂ P ₂ O ₅
9	1.5 g KNO ₃ + 8 ml K ₂ P ₂ O ₅
10	1.5 g KNO ₃ + 10 ml K ₂ P ₂ O ₅

La unidad experimental consistió de diez árboles con seis repeticiones dando un total de 60 árboles por tratamiento. En las figuras 3 y 4 se muestra la distribución espacial de los tratamientos en bloques al azar, esto en el espacio destinado para el experimento dentro del vivero.

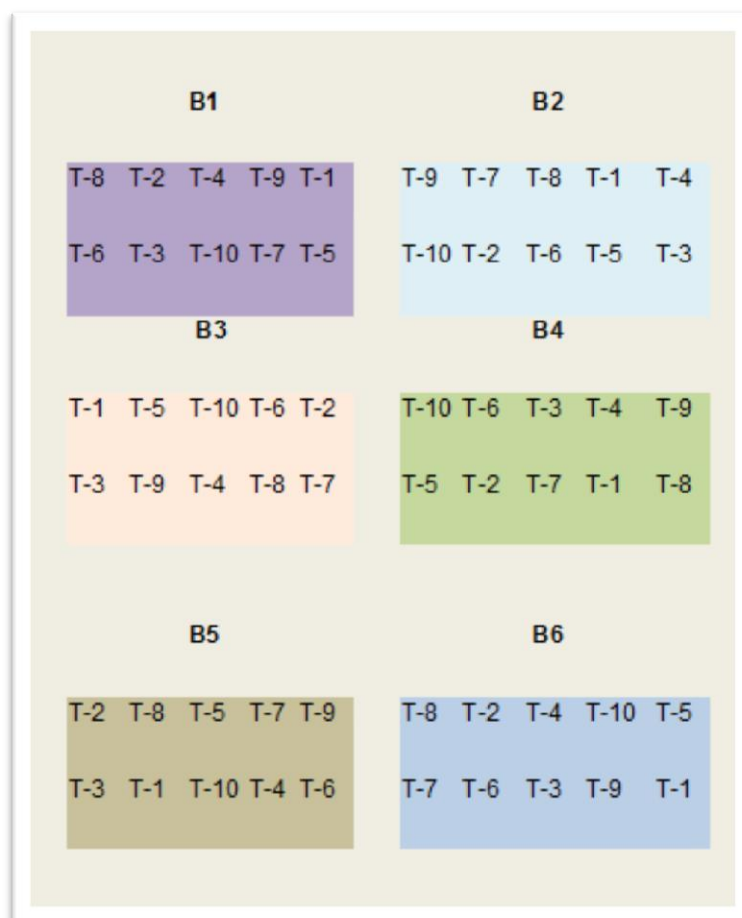


Figura 3. Asignación de bloques y tratamientos del experimento.



Figura 4. Diseño en bloques establecido en campo.

4.2 Aplicación de los tratamientos

Las aplicaciones de Fosfito de Potasio y de Nitrato de Potasio fueron realizadas quincenalmente con un aspersor de dos litros de la empresa Swissmex (Figura 5 y 6), dichas aplicaciones son señaladas en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Fechas de aplicación de los tratamientos.

Aplicación	Fecha
1	7 de Septiembre de 2012
2	21 de Septiembre de 2012
3	5 de Octubre de 2012
4	19 de Octubre de 2012

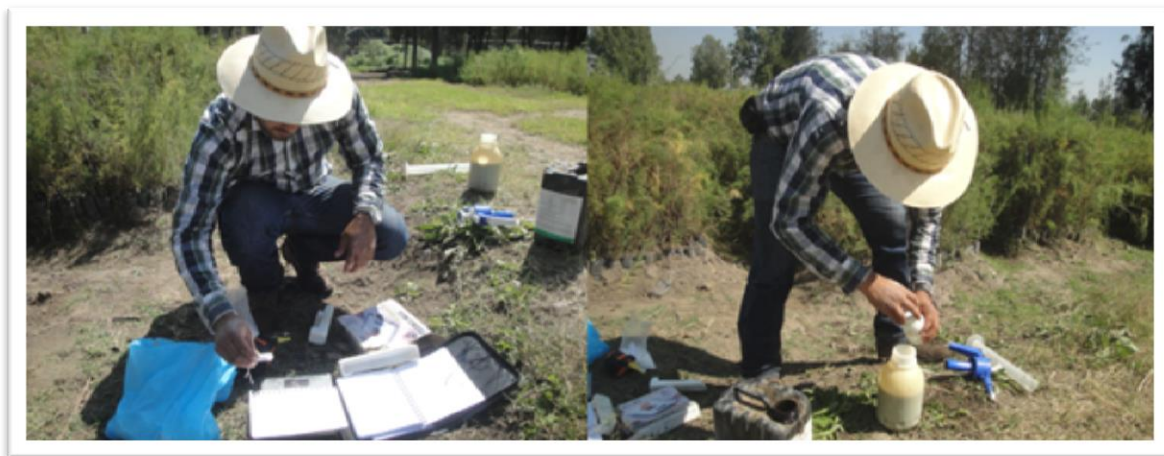


Figura 5. Aplicación de los tratamientos.



Figura 6. Aplicación con bomba aspersora.

4.3 Evaluación

La evaluación de resistencia al frío se hizo en campo esperando bajas temperaturas a partir de los meses de Septiembre y Octubre.

Se muestrearon seis plantas por tratamiento en tres diferentes fechas con intervalos de dos meses. Las variables evaluadas fueron:

- Porcentaje de follaje sano
- Porcentaje de necrosis en tallo
- Número de brotes sanos en 10 cm de longitud de la planta

La tercera evaluación en campo se realizó en el mes de marzo del siguiente año.

4.4 Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + Blo_k + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

- Y_{ijk} = Variable respuesta en el i-ésimo nivel de Nitrato de Potasio y el j-ésimo nivel de Fosfito de Potasio, ubicados en el k-ésimo bloque.
- μ = Media general.
- Blo_k = Efecto atribuido al k-ésimo bloque.
- A_i = Efecto atribuido al i-ésimo nivel de Nitrato de Potasio.
- B_j = Efecto atribuido al j-ésimo nivel de Fosfito de Potasio.
- $(AB)_{ij}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el i-ésimo nivel de Nitrato de Potasio y el j-ésimo nivel de Fosfito de Potasio.
- ϵ_{ijk} = Error aleatorio.

Para el análisis de resultados del experimento se usó el Paquete Estadístico de Diseños Experimentales FAUNL, Versión 2.5 (Olivares, 2004).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CANTIDAD DE FOLLAJE

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza (Cuadro 4), se observó que la F-calculada no es mayor a la F de tablas para lo que se refiere al factor A (Nitrato de Potasio) ni para el factor B (Fosfito de Potasio) en sus diferentes dosis. Respecto a la interacción entre estos dos factores sí se observó diferencia entre las diversas interacciones de los niveles de Nitrato y Fosfito de Potasio. Como se puede ver solo resulta significativa la interacción ($P < 0.047$). El factor A no lo es ($P < 0.052$) y el factor B tampoco (0.546). Para probar lo anterior se presenta el Cuadro 4.

Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza para la variable cantidad de follaje definida al final del experimento en *Tamarix chinensis*.

FV	GL	SC	CM	F cal	F -Tab		P>F
					0.01	0.05	
Repeticiones	4	577.77	144.44	0.8817	4.02	2.69	0.512
Factor A	2	1054.43	527.21	3.2183	5.39	3.32	0.052
Factor B	2	267.78	133.89	0.8173	5.39	3.32	0.546
Interacción AXB	4	1768.89	442.22	2.6994	4.02	2.69	0.047
Error	32	5242.22	163.81				
Total	44	8911.10					

Se observaron diferencias estadísticas en las tres fechas evaluadas; la mayor cantidad de follaje se presentó en los tratamientos con aplicaciones que corresponden a dosis de $0.5 \text{ g KNO}_3 + 8 \text{ ml K}_2\text{P}_2\text{O}_5$, $0.5 \text{ g KNO}_3 + 10 \text{ ml K}_2\text{P}_2\text{O}_5$ y $1.5 \text{ g KNO}_3 + 10 \text{ ml K}_2\text{P}_2\text{O}_5$ como se puede observar en el Cuadro 5, donde

mediante la aplicación del método DMS ($\alpha=0.05$) se pueden identificar estos tratamientos.

Cuadro 5. Cantidad de follaje de *Tamarix chinensis*, tratamientos con Nitrato y Fosfito de Potasio en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012.

Tratamiento	Dosis	Cantidad de FOLLAJE					
		Fecha 1		Fecha 2		Fecha 3	
1	Testigo	25	AB	27	D	20	C
2	0.5 g KNO ₃ + 6 ml K ₂ P ₂ O ₅	38	A	35	C	40	AB
3	0.5 g KNO ₃ + 8 ml K ₂ P ₂ O ₅	36.6	A	56	A	55	A
4	0.5 g KNO ₃ + 10 ml K ₂ P ₂ O ₅	43	A	41	B	49	A
5	1.0 g KNO ₃ + 6 ml K ₂ P ₂ O ₅	31	B	38	B	32	B
6	1.0 g KNO ₃ + 8 ml K ₂ P ₂ O ₅	34.6	B	47	A	36	AB
7	1.0 g KNO ₃ + 10 ml K ₂ P ₂ O ₅	44	A	37	B	31	B
8	1.5 g KNO ₃ + 6 ml K ₂ P ₂ O ₅	36.4	B	39	B	36	AB
9	1.5 g KNO ₃ + 8 ml K ₂ P ₂ O ₅	36.8	A	40	B	33	B
10	1.5 g KNO ₃ + 10 ml K ₂ P ₂ O ₅	46.6	A	54	A	53	A
DMS		11.0067		19.1393		19.9194	

*Valores con la misma letra, son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$). KNO₃:Nitrato de Potasio; K₂P₂O₅ : Fosfito de Potasio. Dosis de Nitrato dada en grs. Concentración de K₂P₂O₅ dada en ml.

Para corroborar las anteriores observaciones se presentan las gráficas de la Figura 7 y la fotografía de la comparación de estos tratamientos con el Testigo en la Figura 8. Bonsaimenorca (2010) señala que, el fosfito por una parte, está

implicado en activar los sistemas naturales de defensa de la planta. El ión fosfito provoca cambios en la pared celular, dando como resultado que fracciones de ésta actúen a modo de elicitores externos, desencadenando todo el proceso de activación de defensas de la planta.

El mismo artículo dice que el ión fosfito, ejerce un efecto directo sobre el metabolismo fúngico. Este ión compite con el fósforo en diversas rutas metabólicas catalizadas por diversos enzimas fosforilativos. De esta manera, los procesos implicados en transferencia energética del hongo, sufren un considerable retraso e incluso pueden llegar a bloquearse. El efecto general producido en la planta, podría compararse a un estado de ausencia total de la planta produciendo un fortalecimiento de los tejidos reflejado en el alto vigor de la planta.

Asimismo menciona, que el ión fosfito penetra fácilmente en la planta y es sistémico por lo que facilita la distribución de los elementos nutrientes a los que está unido químicamente como el calcio, potasio, zinc, magnesio y actúa sobre el sistema hormonal promoviendo la producción de fitoalexinas estimulando los mecanismos de autodefensa de la planta.

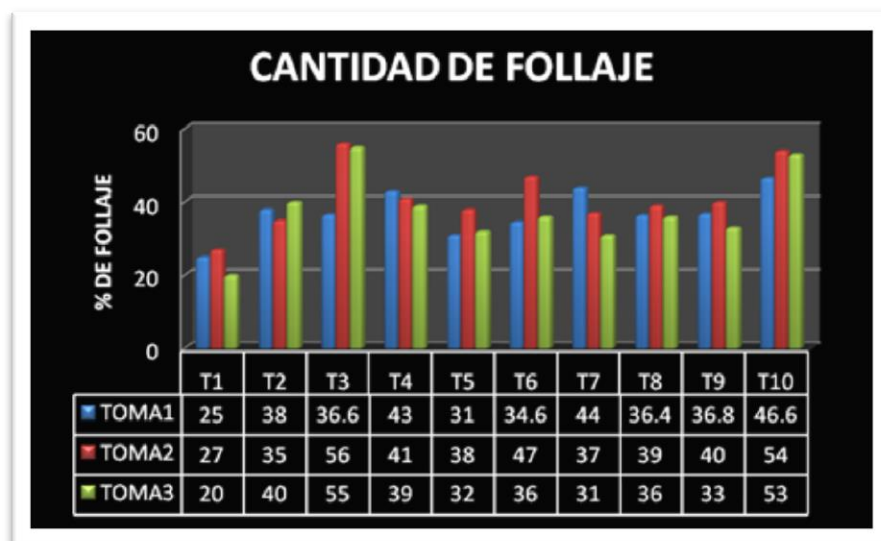


Figura 7. Cantidad de follaje en tres diferentes periodos con intervalos de tres meses.

El ácido fosforoso (H_3PO_3) y sus derivados como los fosfitos contienen sólo tres átomos de oxígeno, a diferencia del ácido fosfórico (H_3PO_4) y sus compuestos que contienen cuatro átomos de oxígeno (fosfatos). Eso que a priori parece una diferencia insignificante, a nivel de fisiología vegetal, en relación a los efectos de ambos grupos de compuestos en la planta, es en la práctica una diferencia clave. Esto ya que el ácido fosfórico (fosfatos) actúa como fuente de fósforo de rápida asimilación en tanto que el ácido fosforoso (fosfitos) actúa fundamentalmente como fungicida e indirectamente como fuente nutritiva reflejado en el follaje de la planta (CHAAR, 2013).

La utilidad del fosfito como fungicida es semejante al uso de otros nutrientes que también se utilizan con fines fitosanitarios, pese a que sus modos de acción sean diferentes. Es así que las aplicaciones foliares de azufre o de algunos elementos traza como Zinc, Cobre y Manganese han sido utilizadas efectivamente por muchos años para controlar patógenos en los cultivos. De igual manera (Lovatt y

Mikkelsen, 2006), aplicaciones individuales de fosfato a las hojas pueden inducir protección sistémica contra patógenos, como el oídio, en algunos cultivos anuales y perennes así como resistencia a condiciones adversas como sequias o heladas.

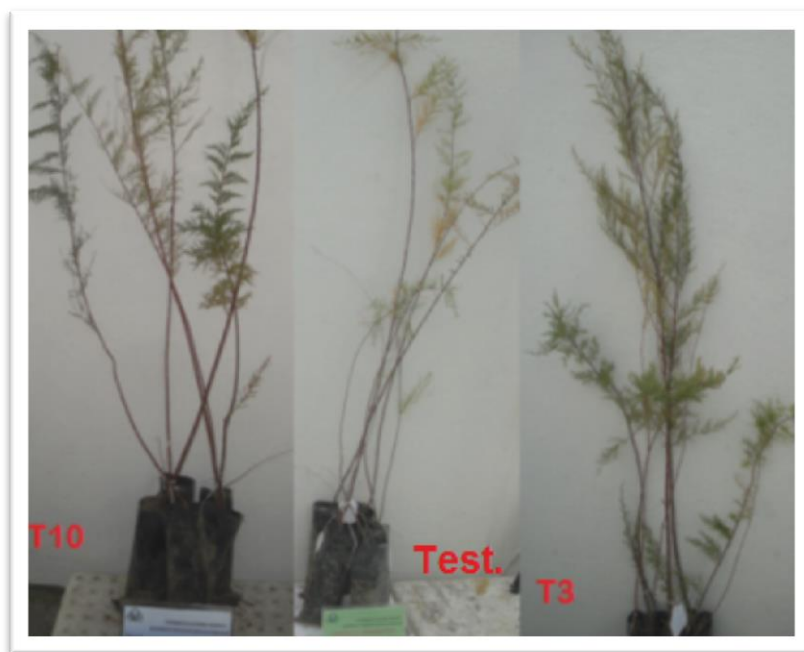


Figura 8. Diferencias entre los mejores tratamientos y el testigo en la primera toma de datos.

La eficiencia del fosfito de Potasio en el control de fitopatógenos así como en la prevención de agentes abióticos como heladas es atribuida a un efecto directo e indirecto. Directamente, la incorporación del fosfito en el medio de cultivo tiene un efecto fungicida al restringir el crecimiento e inhibir la esporulación de hongos sobre todo de la clase de los Oomycetes (Lobato *et al.*, 2007) y la aplicación de fosfitos a la base de las plantas en lupino (*Lupinus angustifolius*) las protegió al ataque de *Phytophthora cinnamomi* (Rands), en tabaco (*Nicotiana tabacum*) de *P. nicotianae* y en Papaya (*Carica papaya*) de *P. palmivora*.

Indirectamente el fosfito de Potasio ha sido considerado como el inductor de resistencia sistémica adquirida SAR, la cual consiste en un mecanismo natural desarrollado por las plantas para defenderse de microorganismos fitopatógenos y de insectos plaga (Daniel *et al.*, 2005). En la planta el fosfito es disociado en las formas de Acido fosforoso (H_3PO_3) y K, el ácido al ser reconocido como un metabolito del patógeno, activa los mecanismos de defensa estimulando la producción de fitalexinas, las cuales son reconocidas por sus propiedades biocidas contra diferentes agentes causales de enfermedades de la clase Oomycetes, Hyphomycetes (*Botrytis cinérea*) y Agonomycetes (*Rhizoctonia solani*) (Kkofoet *et al*, 2007).

En la figura nueve se muestra la diferencia de una planta (Testigo) sin aplicación alguna de Fosfito y Nitrato de Potasio, sometida a las misma condiciones de los mejores tratamientos donde si hubo aplicación y es notable la perdida de follaje así como el cambio de coloración en el mismo.



Figura 9. Diferencias entre los mejores tratamientos y el testigo en la segunda toma de datos.

NECROSIS DE FOLLAJE

Respecto a la necrosis de follaje en la tabla de análisis de varianza (Cuadro 6), se observó que la $P > F$ (.000) es menor al nivel de significancia de 0.05 para lo que se refiere al factor A (Nitrato de Potasio), el cual resulta altamente significativo. El factor B no resultó significativo. La interacción si resultó significativa con un valor de $P > F$ (.018) que es menor al nivel de significancia 0.05.

Cuadro 6. Resultados del análisis de varianza para la variable necrosis de follaje definida al final del experimento en *Tamarix chinensis*.

FV	GL	SC	CM	F	F -tab		P>F
					0.01	0.05	
Repeticiones	4	24.578	6.144	0.083	4.02	2.69	0.984
Factor A	2	1840.844	920.422	12.562	5.39	3.32	0.000
Factor B	2	165.511	82.755	1.129	5.39	3.32	0.336
Interacción AXB	4	1017.021	254.255	3.470	4.02	2.69	0.018
Error	32	2344.622	73.269				
Total	44	5392.57					

En el Cuadro 7 se muestra que aplicando la prueba del método DMS a un nivel de 0.05, el follaje de *T. chinensis* presento menor daño por bajas temperaturas, en aquellos tratamientos donde se aplicó 0.5 g KNO_3 + 8 ml $K_2P_2O_5$ y 1.5 g KNO_3 + 6

ml $K_2P_2O_5$ ($P \leq 0.05$) en comparación con los demás tratamientos y el Testigo (Figura 10).

Además del efecto benéfico de los fosfitos sobre ciertas enfermedades, se encuentran reportes de una supuesta alteración fisiológica de la planta (Lobato *et al.*, 2008). En las variedades de papa Kennebeck y Shepody se presentaron evidencias visuales del efecto de los fosfitos sobre la duración del color verde de las hojas, y la emergencia, en condiciones de invernáculo y a campo (Lasso *et al.*, 2007; Lobato *et al.*, 2008). Experimentos preliminares con otras especies hortícolas no produjeron los mismos efectos sobre estas variables ecofisiológicas (datos no publicados), aunque en este caso las condiciones meteorológicas fueron extremadamente húmedas y frías al final del ciclo, la expresión del efecto de los fosfitos se hizo más evidente, el daño fue menor en los cultivos.

Guerrero (2006), dice que la aplicación de fosfitos en mora de castilla produjo variaciones significativas en las variables altura de planta a los treinta días, diámetro de la rama principal a los 60, 120 y 180 días; días de la floración, número de racimo por planta, debido probablemente a que las variaciones presentadas por los tratamientos fueron físicamente visibles y también que estas variables dependieron de la fertilización a base de Nitrato de Potasio y condiciones de clima y suelo de la zona.

Este mismo autor manifiesta que, el rendimiento fue mayor en las parcelas que recibieron tratamiento con fosfitos, entre los cuales se destacó el tratamiento D4 F1 (4,5 cc/l cada 30 días); esto se debió posiblemente a que por ser menor la

incidencia de enfermedades los frutos y daño por helada, cuajaron mejor, obteniéndose por lo tanto una mejor producción.

Cuadro 7. Necrosis de follaje de *Tamarix chinensis*, tratamientos con Nitrato y Fosfito de Potasio en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012.

Tratamiento	Dosis	Necrosis de FOLLAJE					
		Fecha 1		Fecha 2		Fecha 3	
1	Testigo	25	C	38	E	42	F
2	0.5 g KNO ₃ + 6 ml K ₂ P ₂ O ₅	6.8	A	12.6	C	8.6	AB
3	0.5 g KNO ₃ + 8 ml K ₂ P ₂ O ₅	36.6	D	7.6	A	6	A
4	0.5 g KNO ₃ + 10 ml K ₂ P ₂ O ₅	14.4	AB	19	D	16	D
5	1.0 g KNO ₃ + 6 ml K ₂ P ₂ O ₅	15	AB	21	D	34	E
6	1.0 g KNO ₃ + 8 ml K ₂ P ₂ O ₅	34.6	D	13	C	17	D
7	1.0 g KNO ₃ + 10 ml K ₂ P ₂ O ₅	44	E	12.4	C	12.4	C
8	1.5 g KNO ₃ + 6 ml K ₂ P ₂ O ₅	6.6	A	7.6	A	7	A
9	1.5 g KNO ₃ + 8 ml K ₂ P ₂ O ₅	20.6	C	10.4	AB	13	AB
10	1.5 g KNO ₃ + 10 ml K ₂ P ₂ O ₅	7.8	A	11.6	AB	10	AB
DMS			9.0461		12.0482		7.9011

*Valores con la misma letra, son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$). KNO₃:Nitrato de Potasio; K₂P₂O₅ : Fosfito de Potasio. Dosis de Nitrato dada en grs. Concentración de K₂P₂O₅ dada en ml.

Existe la necesidad de más investigaciones que permitan determinar el tiempo de translocación y la cantidad de fosfito necesaria, ya sea de manera general o en

ciertos órganos específicos, que propicie la activación eficiente de los sistemas de defensa de las mismas en contra de enfermedades fúngicas así como factores externos ambientales como heladas. La concentración de fosfito dentro de los tejidos vegetales del hospedante determina la función biológica que estos propiciarán en contra del patógeno, Jackson *et al.* (2000) encontraron que concentraciones bajas en tejidos *Eucalyptus marginata* propician la activación del sistema de defensa de la planta en contra de factores negativos para la planta y en concentraciones altas en el mismo sitio, el fosfito actúa directamente sobre hongos y enriquece la pared celular de las células, inhibiendo su crecimiento mientras el sistema de defensa de la planta no se activa; permanece latente. Para lo anterior será necesario desarrollar métodos de determinación de fosfitos en material vegetal, precisos, baratos y factibles de implementarse.

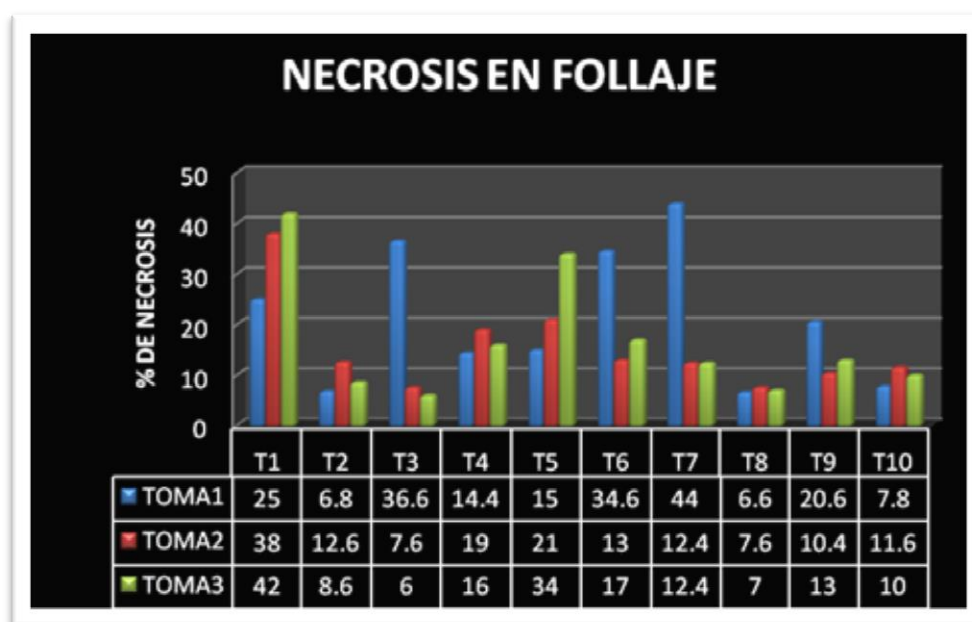


Figura 10. Necrosis de follaje en tres diferentes periodos con intervalos de tres meses.

Los fosfitos de Potasio monobásico y dibásico se caracterizan por ser más solubles en agua y móviles en la planta, tanto en sentido ascendente como descendente, en comparación con los fosfatos. Conociendo estas ventajas Thizy *et al.* (1997), al evaluar un ácido fosforoso y una mezcla de fosfito de Potasio con Nitratos de Potasio, descubrieron la eficiencia en el control de enfermedades como lo fue *Phytophthora palmivora* así como la tolerancia a heladas tempranas reflejado en follaje figuras 11 y 12.



Figura 11. Diferencias en follaje necrótico entre el mejor tratamiento $0.5 \text{ g KNO}_3 + 8 \text{ ml K}_2\text{P}_2\text{O}_5$ y el testigo en la segunda toma de datos.



Figura 12. Diferencias entre los mejores tratamientos y el testigo en la tercera toma de datos.

BROTOS SANOS

En el caso de esta variable ninguno de los factores así como las interacciones resultaron lo suficientemente significativos como para poder comparar los tratamientos evaluados y realizar una prueba de medias correspondiente, esto para diferenciar cual resulto más favorable para la permanencia de brotes sanos ante una helada (Cuadro 8). Como se observa todos los valores de $P > F$ rebasan el nivel de significancia de 0.05.

Cuadro 8. Resultados del análisis de varianza para la variable número de brotes sanos definida al final del experimento en *Tamarix chinesis*.

FV	GL	SC	CM	F	F- tab		P>F
					0.01	0.05	
Repeticiones	4	95.688	23.922	1.912	4.02	2.69	0.132
Factor A	2	26.132	13.066	1.044	5.39	3.32	0.365
Factor B	2	51.600	25.800	2.062	5.39	3.32	0.142
Interacción AXB	4	89.066	22.266	1.780	4.02	2.69	0.156
Error	32	400.311	12.509				
Total	44	662.799					

En un ensayo se reportó que, en una viña (*Cabernet sauvignon*), se realizaron seis aplicaciones foliares de fosfito de potasio variando la dosis, y además aplicaciones al suelo en poscosecha y preflor. Como resultado se detectó un incremento de rendimiento, aunque no significativo desde el punto de vista estadístico, pero lo

más interesante se dio en la escala de vigor. El control siempre mostró un vigor medio con respecto a los tratamientos, sin embargo, con aplicaciones al suelo se logró revertir claramente el síntoma de decaimiento. Se observó un año después que las plantas después de tratadas lograron aumentar el tamaño del brote, lo que su vez se expresó en la floración y luego en la producción.

El uso de los fosfitos constituye actualmente una técnica que comienza a ser divulgada en cultivos extensivos, especialmente en soja y existen diversas opiniones en relación a sus efectos sobre las plantas y los patógenos. Muchos los consideran como un fertilizante, otros como inductor de la resistencia de las plantas y otros, como fungicidas. Recientemente en 2009, algunos investigadores postularon que los impactos positivos de la aplicación de fosfitos sobre los rendimientos y calidad de varios cultivos, serían probablemente debido a la supresión de enfermedades y a un efecto fertilizante (Carmona y Sautua, 2011).

Cuadro 9. Numero de brotes de *Tamarix chinensis*, tratamientos con Nitrato y Fosfito de Potasio en tres diferentes fechas en la Zona del Ex-Lago de Texcoco, Edo. México. 2012.

Tratamiento	Dosis	Numero de brotes					
		Fecha 1		Fecha 2		Fecha 3	
1	Testigo	9.8	-	8.8	-	8	A
2	0.5 g KNO ₃ + 6 ml K ₂ P ₂ O ₅	11.6	-	9.4	-	10	-
3	0.5 g KNO ₃ + 8 ml K ₂ P ₂ O ₅	15.6	-	16	-	14.6	-
4	0.5 g KNO ₃ + 10 ml K ₂ P ₂ O ₅	15.4	-	12.2	-	11.2	-
5	1.0 g KNO ₃ + 6 ml K ₂ P ₂ O ₅	11.8	-	12.6	-	12.2	-
6	1.0 g KNO ₃ + 8 ml K ₂ P ₂ O ₅	11.4	-	10.6	-	10.6	-
7	1.0 g KNO ₃ + 10 ml K ₂ P ₂ O ₅	11.8	-	13.2	-	13.8	-
8	1.5 g KNO ₃ + 6 ml K ₂ P ₂ O ₅	10	-	12.8	-	11.4	-
9	1.5 g KNO ₃ + 8 ml K ₂ P ₂ O ₅	13	-	14.8	-	16.2	-
10	1.5 g KNO ₃ + 10 ml K ₂ P ₂ O ₅	15.4	-	12.8	-	13.4	-
DMS		-		-		-	

*Valores con la misma letra, son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$). KNO₃:Nitrato de Potasio; K₂P₂O₅ : Fosfito de Potasio. Dosis de Nitrato dada en grs. Concentración de K₂P₂O₅ dada en ml.

Muchas plantas con déficit de K muestran tallos débiles, paredes y cutículas delgadas, acumulación de azúcares o nitrógeno en hojas que las hace más pre disponibles a ataque de agentes externos como patógenos o heladas, además de que la insuficiencia de K causa un color pálido en hojas, que es particularmente

atractivo para áfidos (Magen, 2004). Para el caso de este experimento se reflejó como nuevamente los tratamientos 3, 9 y 10 presentaron en las tres fechas menor variación respecto a la cantidad de brotes sanos en el tallo (Figura 13).

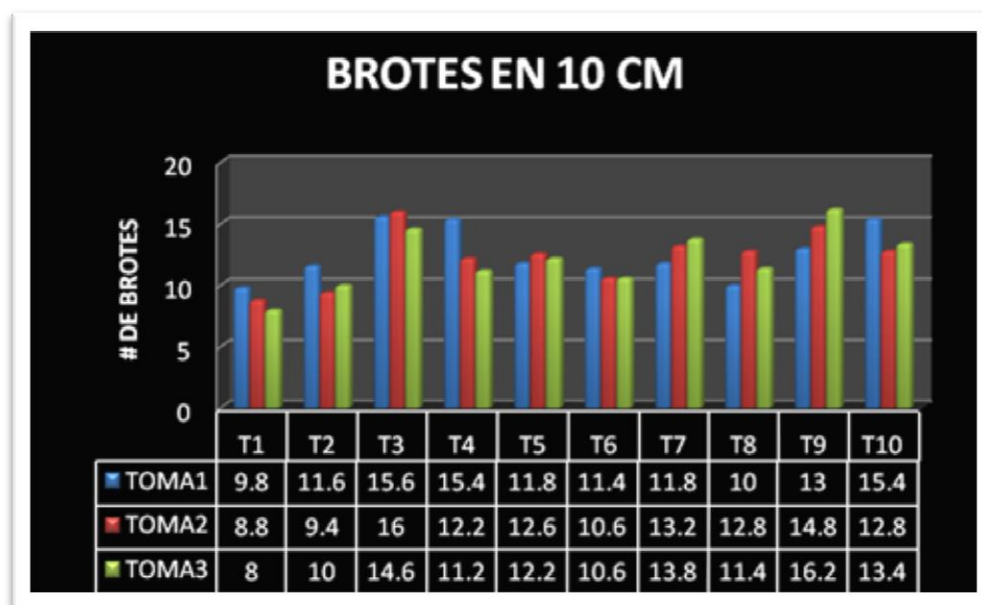


Figura 13. Numero de brotes sanos en 10cm de tallo en tres diferentes periodos con intervalos de tres meses.

Como un ejemplo de los efectos benéficos del fosfito se pueden citar datos de dos estudios diferentes. En el primero, se evaluó la respuesta a una sola aplicación foliar de fosfito antes de la floración a naranjas valencia en Florida. Esta aplicación incrementó significativamente el número de flores, rendimiento y total de sólidos solubles a la cosecha, diez meses después de la aplicación al compararlo con el Testigo (Albrigo, 1999). En el segundo estudio conducido en California, con naranjas naval que recibieron aplicaciones foliares de Fosfito de Potasio en mayo y julio produjeron fruta de mayor valor comercial sin reducir el rendimiento total.

Estos resultados sugieren que el efecto de la aplicación de los materiales basados en fosfito no fue a las propiedades fúngicas de la molécula, sino a otras propiedades estimulantes del crecimiento. Los productores deben de identificar sus metas respecto a la producción y con esto programar adecuadamente dosificación y aplicaciones. Se han desarrollado estrategias de producción para variedades de frutales, hortalizas y cultivos ornamentales. Las respuestas fisiológicas al fosfito pueden estar relacionadas con su efecto en el metabolismo del azúcar, con la estimulación de la ruta del ácido shiquimico o con cambios hormonales o químicos internos (Forster, 1998). Es claro como se muestra en las figuras 14 y 15 la diferencia en una planta tratada con Fosfitos ya que el daño resulta menor en comparación con el Testigo.



Figura 14. Diferencias entre los mejores tratamientos y el testigo en la tercera toma de datos.



Figura 15. Diferenciación de brotes vivos en el Tratamiento 9 y brotes muertos en el testigo.

VI. CONCLUSIONES

En zonas en las que existe una alta incidencia de enfermedades del genero oomycetos, el productor se ve forzado a utilizar productos químicos como principal estrategia de combate, debido a la agresividad de los patógenos, lo cual incrementa la contaminación ambiental, el daño a la salud humana y eleva los costos de producción.

Gran parte de estos problemas se deben al desconocimiento generalizado que existe entre los productores, sobre las técnicas apropiadas de manejo del cultivo, especialmente en lo que se refiere a plagas y enfermedades. El uso de fosfitos potásicos estimulan la formación de fitoalexinas que proporcionan una elevada defensa frente al ataque de ciertos hongos, para de esta manera contribuir a la solución definitiva del problema, lo cual a su vez permitirá a los productores seguir cultivando, mejorando la calidad de vida de los agricultores e incrementando la producción.

El fosfito de Potasio pertenece a una categoría toxicológica III de bajo impacto ambiental; es decir, la aplicación del fosfito es poco peligrosa al hombre, a los animales y al ambiente y es comercializado como fertilizante y fungicida.

Las aplicaciones consecutivas de fungicidas tienen la desventaja de favorecer la aparición de pseudohongos Oomycetes con resistencia a fungicidas, cuando esto sucede, el manejo por parte del productor consiste en aumentar frecuencia de aplicaciones o sobredosificación de fungicida, ocasionando mayores costos de producción y riesgo de contaminación ambiental.

Los resultados indican que el fosfito de Potasio representa una alternativa ecológica y de prevención que bien merece ser considerada en el manejo integrado de cualquier cultivo.

La dosis total puede variar en función de los cultivos, entre márgenes muy amplios, de acuerdo con sus necesidades y las producciones esperadas. Su concentración más idónea en el agua para aplicación foliar por aspersión debe oscilar entre 0.5 g KNO_3 + 8 ml $\text{K}_2\text{P}_2\text{O}_5$, 0.5 g KNO_3 + 10 ml $\text{K}_2\text{P}_2\text{O}_5$ y 1.5 g KNO_3 + 10 ml $\text{K}_2\text{P}_2\text{O}_5$.

De manera general los nutrientes pueden afectar el desarrollo de la enfermedad a través de su impacto en la fisiología vegetal y/o mediante su efecto sobre los patógenos. En estos casos la fertilización principalmente con nitrógeno puede cambiar el estado de la planta, y la intensidad de la enfermedad puede detenerse o disminuir su severidad.

Los fosfitos constituyen aún un desafío adicional. Si bien su uso como fertilizante es controversial en algunos casos, está consolidada la hipótesis de ser un inductor de las defensas de las plantas y con actividades anti fúngicas. Los resultados del uso de fosfitos en el manejo sanitario son promisorios y sugieren la necesidad de continuar estudiando el comportamiento de los fosfitos para evaluar su utilidad como herramienta complementaria no sólo en el manejo. Por lo expuesto, más investigaciones resultan necesarias para evaluar interdisciplinariamente y con mayor profundidad fitopatológica y epidemiológica los impactos de la nutrición y uso de fosfitos sobre los cultivos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Albrigo, L.C.1999. Effects of foliar applications of urea or Nutriphite on flowering and yields of Valencia orange trees. Proc. Fla. State Hort. Soc. 112:1-4.
- Allred, K. 2002. Identification and taxonomy of *Tamarix* (Tamaricaceae) in New Mexico. Desert plants 18(2): 26-31
- Arévalo, J. 2007. El tamarix (*Tamarix* sp.) en la forestación del lecho del Ex-lago de Texcoco, una estrategia más para su rescate. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados.
- Barpen. 2004. Ficha técnica Agrifos® 400 SL. En: http://www.bam.com.co/admin_internas/fichas/Barpen/A/Agrifos%20400%20SL.pdf. 8 p.; consulta: Noviembre del 2013.
- Barra, T. S. 1986. Fertilización forestal. Departamento Forestal de Zonas Húmedas. Cancillería de Agricultura. Junta de Galicia, España. 143 p.
- Baskin, C.C. and Baskin, J. M.. 2001. Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, New York. 666 p.
- Berrios, U. M. E.; Arredondo, B. C.; Tjalling, H. H. 2007. Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad Pimiento. The Worldwide Busines. Formula, Crop Kit.
- Blum, A.; Ebercon, A. 1976. Genotypic Responses in Sorghum to Drought Stress. III. Free Proline Accumulation and Drought resistance. Crop Science. 16:428-431.
- Burke, M. J.; Gusta, L. V.; Quamme, H. A.; Weiser, C. J. and LI, P. H. 1976. Freezing and injury in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 27:507-528.

- Carmona, M. y Sautua, F. 2011. Impacto de la nutrición y de fosfitos en el manejo de enfermedades en cultivos extensivos de la región pampeana. Cátedra de Fitopatología. FAUBA.
- Casco, C. 2003. Guía de Consultas. Botánica II. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (UNNE) DILLENIDAE-Tamaricaceae. Pag. 253 y 254.
- Cavalieri, A. J. and Huang, H. C. 1979. Evaluation of Proline accumulation in the Adaptation of Diverse Species of Marsh Halophytes to the Saline Environment. American Journal of Botany. 66:307-312.
- CBSA (Canada Border Service Agency). 2010. Greenhouse bell peppers originating in or exported from the Netherlands. <http://www.cbsa.gc.ca/sima-lmsi/i>
- Chaar, J. y Astorga, D. 2012. Determinación del requerimiento de frío y de calor en duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch.] mediante un modelo de correlación. RIA 38(3):289-298.
- Chaar, J. E. 2013. Resistencia a heladas en plantas frutales. Avances en Investigación Agropecuaria. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Junín. Argentina.
- Chen, H.H. and Murata, N. 2002. Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. Current Opinion in Plant Biology, 5:250-257.
- Cortes, H.G. 2008. Manejo de *Puccinia horiana* Henn. en Crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) en Tepoztlan, Morelos, con inductores

de resistencia. Tesis de licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Pp 10-12.

- Couretot L., Ferraris G. 2007. Nuevas estrategias de producción para alcanzar el rendimiento potencial en Soja usando el de cloruro de potasio en combinación con fungicidas. SOJA CAMPAÑA 2006-07. Available at www.inta.gob.ar/pergaminio/documentos/soja.pdf.
- Daniel, R. and Guest. D. 2005. Defense responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora* challenged *Arabidopsis thaliana*. Physiological and Molecular Plant Pathology 67(3-5): 194-201.
- De Loach, C. J., Carruthers, R. I., Lovich, J. E., Dudley, T. L. and Smith, S. D. 2000. Ecological interactions in the biological control of salt cedar (*Tamarix spp.*) in the United States: towards a new understanding. In: N. R. Spencer (ed.), Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds, pp. 819- 873. Montana State University, Bozeman, Montana.
- Dirr, M. A. 1998. Manual of woody landscape plants, their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses. Champaign, Illinois; Stipes Publishing, L. L. C.. pp. 993-994.
- Doi. 2004. Ficha técnica: Nitrato de Potasio. Distribuidora de Químicos Industriales S. A. (DOI). Medellin, Colombia. Consulta: Noviembre del 2013.
- Estrada, O. E.; Trejo, T. L.; Gomez, M. C.; Nuñez, E. R.; Sandoval, V. M. 2011. Respuestas Bioquímicas en Fresa al suministro de Fósforo en forma de Fosfito. Revista Chapingo, Serie Horticultura 17(3):129-138.

- Forster, H.1998. Effect of phosphate in tomato and pepper plants and susceptibility of pepper to *Phytophthora* root and crown rot. Plant disease. 82:1165-1170.
- FUMEX. 2009. Ficha técnica: Nitrato de Potasio. Providencia, Santiago. Consulta: Noviembre del 2013.
- García, G. 1987. Sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por García en 1973.
- Grijalva, C. R. L.; Macías, D. R.; Robles, C. F. 2008. Productividad y calidad de variedades y densidades de chile bell pepper bajo condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora. Biotecnia 10: 3-10.
- Gutiérrez, S. M. V. 2002. Mecanismos de absorción de nutrimentos por el follaje. Memoria: Fertilización foliar “Principios y aplicaciones”. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica.
- Handa, S.; Handa, A.K.; Hasegawa, P.M. and Bressan, R.A. 1986. Proline accumulation and the adaptation of cultured plant cells to water stress. Plant Physiology. 80:935-945.
- Hare, P.D. and Cress, W. A. 1997. Metabolic Implications of Stress-Induced Proline Accumulation in Plants. Plant Growth Regulation. 21: 79-102
- Heinz, R. 2013. Tolerancia a estreses abióticos. Agrobiotecnología. Departamento de Fisiología, Biología Molecular y Celular Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Hoagland, P.D. and Parris, N. 1996. Chitosan/pectin laminated films. Journal of Agricultural and Food chemistry 44:1915-1919.

- IPNI. 2013. Fuentes de Nutrientes Específicos. Hoja informativa. Plant Nutrition Institute (IPNI). www.ipni.net/specifics (versión en español). Consulta: Noviembre del 2013.
- Jones, H. G. 1994. Plants and Microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology. Second edition. Cambridge. University press.
- Hosmer, D. W.; Lemeshow, S. 2000. Applied logistic regression. Wiley. New York. 392 p.
- Krause, H. H. 1991. Nutrient form and availability in the root environment. In: van den Driessche (ed.). Mineral nutrition of conifer seedlings. CRC Press. USA. pp. 1-24.
- Landis, T. D. 1989. Mineral nutrients and fertilization. In: Landis, T. D.; Tinus, R. W.; McDonald, S. E.; Barnett, J. P. (eds.). The container Tree Nursery Manual. Vol 4. Agriculture Handbook 674. USDA Forest Service. pp. 1-70.
- Laerence, E. D. 2013. El Silicio en la fisiología vegetal. Department of Plant Pathology and Crop Physiology, Lousiana State University. Memoria del Primer Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal Aplicadas.
- Lightbourn, R. L. A. 2013. Manejo del estrés vegetal por temperatura. BIOTEKSA. Memoria del Primer Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal Aplicadas.
- Lobato. M.C., F.P. Olovieri, G. Daleo y A. Andreu. 2007. Efecto inhibitorio de compuestos fosfitos sobre el crecimiento de patógenos de papa in vitro.

En: Memorias XI Congreso Argentino de Microbiología. Asociación Argentina de Microbiología, Córdoba, Argentina.

- López, E. 2012. Semillas de hortalizas. The Power of Enza Zaden. Enza Zaden México, S.A. de C.V. [www. enzazaden.com.mx](http://www.enzazaden.com.mx)
- Magen H. 2004. Potassium chloride and supression of disease. Poster presented at the XVTH International Plant Protection Congress, Beijing. Available at: [www. Ipipotash.org/publications/detail.php](http://www.Ipipotash.org/publications/detail.php)
- Mata, Q. A. 2011. Inducción de resistencia en plantas. CATIE <http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/Agricultura%20Ecol%C3%B3gica/AE->
- Matsumoto, K.S.; Guerrero, I. y Hall, G.M. 1996. La quitina: ocurrencia, propiedades y aplicaciones. Ciencia 47:317- 328.
- McDonald, A. E.; Grant, B. R.; Plaxton W. C. 2001. Phosphite (phosphorous acid): Its relevance en the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. 24:1505-1519.
- Michitte, P. S/a. Nutrición Vegetal: Aminoácidos. Pp 1-3 <http://www.econatur.net/media/File/aminoacidos.pdf>
- Miramontes, L. E. 2013. Fertilización foliar. Consultoría en Productividad Agrícola ATIDER. Memoria del Primer Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal Aplicadas.
- Moerman, D.E. 1998. Native American ethno-botany. Timber Press, Portland, OR. 927 p.
- Mohammed, S. and Sen, D. N.. 1986. Proline Accumulation in Arid Zone Plants. Journal of Arid Environments. 13. 231-236.

- Molina, R. E. 2002. Fuentes de fertilizantes foliares. Memoria: Fertilización foliar “Principios y aplicaciones”. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica.
- Natale, E. S., Gaskin, J., Zalba, S.M., Ceballos, M., Reinoso, H. E. 2008. Especies del genero *Tamarix* (Tamaricaceae) invadiendo ambientes naturales y seminaturales en Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot. 43 (1-2):137-145.
- Olivares (2004). Paquete Estadístico de Diseños Experimentales FAUNL, Versión 2.5. Facultad de Agronomía de UANL.
- Pearce, R. S. (2001). Plant freezing and damage. Ann. Bot. 87:417-424.
- PMA (PRODUCE MARKETING ASSOCIATION). 2007. Fresh producer imports into U.S. <http://www.pma.com>.
- Quero, G. E. 2009. Nutrición con Silicio y sus aplicaciones a cultivos a cielo abierto y en agricultura protegida: Un pequeño recorrido por la naturaleza. Simposio Internacional de Nutrición Vegetal: Guadalajara, Jal. México. Pp. 1-38.
- Quintero, D. R. 1995. Fertilización y Nutrición. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombiana. Cali, CENICAÑA. p. 153-177.
- Ramírez, C. Y. 2010. Resistencia a bajas temperaturas en *Pinus hartwegii* sometido a diferentes tratamientos con potasio. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente,

- Rodríguez, T. D. A. 2007. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi Prensa. Universidad Autónoma Chapingo. México, D. F. 156 p.
- Rodríguez, T. D. A. 2002. Fertilización nitrogenada y concentración de carbohidratos en plántulas de *Pinus palustris* Mill. producidas a raíz desnuda. University of Florida, Gainesville, FL.
- Rook, D. A. 1991. Seedling development and physiology in relation to mineral nutrition. In: van den Driessche, R. (ed.). Mineral nutrition in conifer seedlings. CRC Press. USA.pp. 86-112.
- Sagarpa. 2008. Plan rector nacional sistema producto chile. <http://amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/JALISCO/PREchile.pdf>
- Salas, C. R. E. 2002. Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar. Memoria: Fertilización foliar "Principios y aplicaciones". Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica.
- Shahidi, F.; Kamil, J.K.; Jeon, Y.; and Kim, S. 2001. Antioxidant role of chitosan in a cooked cod (*Gadus Morhua*) model system. Journal of Food Lipids 9:57-64.
- Steta, M. 1999. Status of the greenhouse industry in México. Acta Horticulturae 481: 735-738.
- Stevens, P. F. (2001). Angiosperm Phylogeny Website. Version 9, June 2008 [and more or less continuously updated since]." will do. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Acceso: junio 2009.

- Smillie, R., B.R. Grant and D. Guest. 1989. The mode of action of phosphite: Evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. *Phytopathology* 79(9): 921-926.
- Thao, H.T. and T. Yamakawa. 2009. Phosphite (Phosphorous acid): Fungicide, fertilizer or bio-stimulator. *Soil Science and Plant Nutrition* 55(2): 228-234.
- Thizy, A. D. Pillon, J.C. Debourge and G. Lacroix. 1997. Fungicidal compositions containing phosphorous acid and derivatives thereof. US PATENT 4119724. En: <http://www.patentstorm.us/patents/4119724/description.html>; consulta: Noviembre del 2013.
- Treichel, S.; Brinckman, E.; Scheitler, B.; Von Willert DJ. 1984. Occurrence and changes of proline content in plants in the southern Namib Desert in relation to increasing and decreasing drought. *Planta*, 162: 236-242.
- Urrestarazu, G. M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. 3ra edición. Ediciones Mundi-prensa, Barcelona, España. pp. 749-789.
- Zavaleta, E. 2000. The Economic Value of Controlling an Invasive Shrub. *Ambio* 29(8): 462-467.
- Greencare by-sas. Fichas técnicas. Disponible en: <http://www.greencareby-sas.com> (21-06-2012).
- www.faostat.fao.org/ (consultada 06/09/2013)
- www.sagarpa.gob.mx/ (consultada 06/09/2013).