

**EXTRACTO DE UNA ALGA MARINA (*SARGASSUM* SPP.) EN UNA PLANTACIÓN
DE VID, SU RELACIÓN CON EL CONTENIDO DE CLOROFILA, INTERCAMBIO
NETO DE BIÓXIDO DE CARBONO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO.**

BLANCA ROSARIO LÓPEZ RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcia

Para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS EN
INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

Programa de graduados

Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**EXTRACTO DE UNA ALGA MARINA (SARGASSUM SPP.) EN UNA
PLANTACIÓN DE VID, SU RELACIÓN CON EL CONTENIDO DE CLOROFILA,
INTERCAMBIO NETO DE BIÓXIDO DE CARBONO, RENDIMIENTO Y CALIDAD
DEL FRUTO.**

T E S I S

BLANCA ROSARIO LÓPEZ RODRÍGUEZ

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y Aprobada
como requisito parcial para optar al grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN INGENIERIA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:



Dr. Alejandro Zermeño González

Asesor:



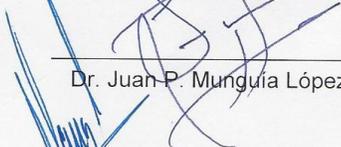
Dr. Homero Ramírez Rodríguez

Asesor:



M.C. José Omar Cárdenas Palomo

Asesor:



Dr. Juan P. Munguía López



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Subdirector de Postgrado

Saltillo, Coahuila, México, Junio, 2015.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por sus bendiciones y por permitirme llegar hasta este punto en mi camino y lograr una meta más. Gracias por guiar siempre mis pasos y mostrarme el camino en los momentos más difíciles, por estar siempre cuidando de mí y porque nunca me has abandonado.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad de formarme en mi vida profesional, primeramente en la licenciatura y ahora en la maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico durante mi formación en la maestría.

A la vinícola san Lorenzo por permitirnos realizar este trabajo en una de sus plantaciones.

Quiero agradecer también al Doctor Alejandro Zermeño González por aceptarme en este proyecto, por haberme guiado en todo momento durante el trabajo experimental y después en la redacción de este documento, por su paciencia y esmero en brindarme los conocimientos durante mi formación académica. Así mismo agradezco a los Doctores Homero Rodríguez, José Omar Cárdenas, Juan Munguía por formar parte del comité de asesoría y por la revisión de mi trabajo.

A mis compañeros de generación Alma, Gerardo, Gadiel y Eloy por brindarme su amistad y su apoyo en las materias en las que en ocasiones coincidimos. A Aaron Melendres por apoyarme y resolver mis dudas durante la escritura de este documentó.

A mis amigos Lulis, Diegin y Malle por tantos momentos inolvidables que compartimos, por las veces en que juntos reímos y lloramos.

DEDICATORIAS

A mis padres Abelardo López Mérida y Blanca Rodríguez Mazariegos por darme la vida y guiarme para ser la persona que ahora soy, por enseñarme a no rendirme en ningún momento de mi vida y compartirme sus experiencias y enseñanzas. Por ser las personas más importantes en mi vida, esto es por ustedes y para ustedes mis viejos.

A mis hermanos Orlando, Delia, Tere, Angel, Arim, Visai, Maguis, Abraham, Elizabeth, Carlos, y Vero por sus valiosos consejos y por su amor en todos estos años.

A mis sobrinos Alex, Lulis, Laura, Diego, Isela, Lalo, Sergio, Ivan, Andrea, Kevin, Lalito, Mayli, Bryan, Isabel, Lupita, Arleth y Emanuel por ser mi fuente de inspiración en todo momento, por alegrarme la vida con sus sonrisas y travesuras.

A mis abuelos Ermenegildo, Felipa, Catarino y Antonia que no están ya con nosotros y donde quiera que estén sé que comparten cada uno de mis logros.

A Rafa por formar parte de mi vida, por su amor, cariño y por impulsarme a seguir adelante.

COMPENDIO

EXTRACTO DE UNA ALGA MARINA (*SARGASSUM* SPP.) EN UNA PLANTACIÓN DE VID, SU RELACIÓN CON EL CONTENIDO DE CLOROFILA, INTERCAMBIO NETO DE BIÓXIDO DE CARBONO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO.

POR

BLANCA ROSARIO LÓPEZ RODRÍGUEZ

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO 2015**

DR. ALEJANDRO ZERMEÑO GONZÁLEZ - ASESOR

Los extractos de algas marinas como biofertilizantes son materiales naturales que incrementan el crecimiento, rendimiento y mejora la calidad de los cultivos. Por lo que el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la aplicación del extracto del alga marina *Sargassum* spp. a una plantación de vid (cv Shiraz), en el contenido de clorofila,

intercambio neto de CO₂, rendimiento y calidad de frutos. La investigación se realizó en la Vinícola San Lorenzo, Parras de la Fuente, Coahuila, en el ciclo de producción abril-septiembre de 2014. El estudio se estableció en dos plantaciones de 5.2 ha, a una de ellas se le aplicó el extracto al suelo y vía foliar. Para la evaluación del contenido de clorofila en las hojas, rendimiento y calidad del fruto se establecieron tres tratamientos: control (sin aplicación del extracto), con aplicación solo al suelo y aplicación al suelo y foliar. El intercambio neto de CO₂ (a nivel dosel) (NEE) se midió con el método de la covarianza Eddy, utilizando un anemómetro sónico tridimensional y un analizador infrarrojo de bióxido de carbono y vapor de agua. Los resultados del estudio mostraron que la aplicación del extracto de la alga marina al suelo y foliar aumentó el contenido de clorofila de las hojas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$), sin embargo esto no se reflejó en incremento del rendimiento ni los grados brix de los frutos. La aplicación del extracto solo al suelo aumentó la acidez, mientras que la aplicación al suelo y vía foliar disminuyó el pH.

Palabras clave: Contenido de clorofila, covarianza eddy, Intercambio neto de CO₂, *Sargassum spp.*

ABSTRACT

**A SEAWEED EXTRACT (SARGASSUM SPP.) IN A PLANTATION OF VINE,
THEIR RELATIONSHIP WITH CHLOROPHYLL CONTENT, NET
EXCHANGE CARBON DIOXIDE, PERFORMANCE AND QUALITY OF THE
FRUIT.**

BY

BLANCA ROSARIO LÓPEZ RODRIGUEZ

MASTER OF SCIENCE

PRODUCTION SYSTEMS ENGINEERING

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO BUENAVISTA,
SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO, 2015**

DR ALEJANDRO ZERMEÑO GONZÁLEZ - ADVISOR

The seaweed extracts as biofertilizers are natural sources that increase the growth and yield of crops and improve the harvest quality. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of the application of the seaweed *Saragassm spp.* in a vid plantation (cv Shiraz), in the leaves chlorophyll content, net CO₂ ecosystem exchange, yield and fruit quality. The study was established in the Vinicola San Lorenzo, Parras de la Fuente, Coahuila, during the 2014 april-september growing cycle. The study was conducted in two plantations of 5.2 ha, to one of these the extract was applied to the soil

and plants foliage. To evaluate the leaves chlorophyll content and the yield and fruit quality, three treatments were established: control (with no application of the seaweed extract), with application only to the soil and with application to the soil and leaves. The CO₂ ecosystem exchange (canopy level) was obtained applying the eddy covariance method, using one three dimensional sonic anemometer and one open path CO₂/H₂O analyzer. The results of the study showed that the application of the seaweed extract to the soil and leaves increased the leaf chlorophyll content (Tukey, $\alpha \leq 0.05$), however, this was no reflected in a yield increase neither the fruit brix degrees. The application of the extract only to the soil increased the juice acidity, while the application to the soil and plant leaves decreased the pH.

Key word: leaves chlorophyll content, eddy covariance, net CO₂ ecosystem exchange, *Sargassun spp.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|------------|
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| DEDICATORIAS | iv |
| COMPENDIO | v |
| ABSTRACT | vii |
| INDICE DE CONTENIDOS | ix |
| INDICE DE FIGURAS | x |
| INDICE DE CUADROS | x |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. REVISION DE LITERATURA | 4 |
| 2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ALGAS MARINAS..... | 4 |
| 2.2 EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS, SU APLICACIÓN Y SU IMPORTANCIA | 5 |
| 2.3 ORIGEN Y CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL CULTIVO DE LA VID..... | 7 |
| 2.3.1 ORIGEN DE LA VID..... | 7 |
| 2.3.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE LA VID..... | 7 |
| 2.4 PRODUCCIÓN DE VID A NIVEL MUNDIAL Y EN MÉXICO..... | 9 |
| 2.5 USO DE EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS Y SU RELACIÓN CON EL CONTENIDO DE CLOROFILA DE LAS HOJAS DE DIVERSOS CULTIVOS..... | 10 |
| III. MATERIALES Y METODOS | 5 |
| 3.1 UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIOS..... | 5 |
| 3.2 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO DEL SITIO DE ESTUDIO | 5 |
| 3.4 MANEJO AGRONÓMICO DE LA PLANTACIÓN..... | 5 |
| 3.5 TRATAMIENTOS APLICADOS..... | 13 |
| 3.6 INTERCAMBIO NETO DE BIÓXIDO DE CARBONO..... | 13 |
| 3.7 CONTENIDO DE CLOROFILA..... | 16 |
| 3.8 RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS..... | 16 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION | 18 |
| 4.1. CONTENIDO DE CLOROFILA EN LAS HOJAS..... | 18 |
| 4.2. INTERCAMBIO NETO DE BIÓXIDO DE CARBONO..... | 20 |
| 4.3. RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO..... | 22 |

| | |
|------------------------|----|
| V. CONCLUSIONES | 24 |
| VI. BIBLIOGRAFIA | 26 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Sensores de un sistema Eddy sobre una plantación de vid para medir los flujos de bióxido de carbono entre el dosel de la plantación y la atmósfera circundante..... | 14 |
|---|----|

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Contenido de clorofila en una plantación de vid (cv. Shiraz), con y sin aplicación del extracto de alga marina (<i>Sargassum spp.</i>) a través del ciclo de producción (mayo-agosto 2014). Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila..... | 20 |
| Cuadro 2. Promedios diarios mensuales de intercambio neto de bióxido de carbono (mmol m^{-2}) de una plantación de Vid (cv. Shiraz), a través del ciclo de producción (Abril-Septiembre 2014), sin aplicación y con aplicación del extracto de la alga marina (<i>sargassum spp.</i>). Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila..... | 22 |
| Cuadro 3. Calidad y rendimiento en una plantación de vid (cv. Shiraz), a través del ciclo de producción (abril-octubre 2014). Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila..... | 23 |

I. INTRODUCCIÓN

Los biofertilizantes a base de extractos de algas marinas son materiales bioactivos naturales solubles en agua, son fertilizantes orgánicos naturales que promueve la germinación de semillas y que incrementa el desarrollo y rendimiento de cultivos (Norrie y Keathley, 2005).

Los extractos de algas marinas pueden ser utilizados como suplementos nutricionales, bioestimulantes o fertilizantes en la agricultura y horticultura, como biofertilizantes se pueden utilizar en extracto líquido o granular (polvo), el cual se puede aplicar foliar o al suelo (Hernández *et al.*, 2014).

El uso de algas marinas como biofertilizantes en la agricultura ha aumentado en los últimos años (Dhargalkar y Pereira, 2005).

Las algas marinas contienen una amplia gama de sustancias bioactivas tales como vitaminas, minerales, reguladores del crecimiento, compuestos orgánicos, y agentes humectantes, coloides mucilaginosas (por ejemplo, agar, ácido algínico, y manitol) que ayudan en la retención de la humedad y los nutrientes en las capas superiores del suelo (Subba Rao *et al.*, 2007).

Estudios previos muestran que la aplicación de fertilizantes a base de extractos de algas marinas estimulan la actividad de los microorganismos del suelo haciendo que los nutrientes estén disponibles para la planta facilitando

su absorción, reducen la compactación, aumentan la aireación y capacidad de retención de agua (Selvaraj *et al.*, 2004; Khan *et al.*, 2009).

Las algas marinas también tienen un efecto positivo sobre la actividad biológica (respiración y movilización de nitrógeno) del suelo ya que promueve la diversidad microbiana, creando así un medio ambiente adecuado para el crecimiento de la raíz (Sarwar *et al.*, 2008).

Las algas marinas sirven como una fuente externa de macro y micronutrientes, al incinerar las algas, dejan un residuo de cenizas cinco o seis veces mayor que el que dejan las plantas; consecuentemente, tienen más metabolitos y, por lo tanto, más enzimas, por lo que al usar algas marinas y/o sus derivados en la agricultura, se aporta un complejo enzimático extra al suelo y a la planta (Gopinath *et al.*, 2008).

La superficie cultivada de vid en el mundo es de 7.59 millones de hectáreas, de esta superficie se obtuvieron alrededor 69.2 millones de toneladas de las cuales 46.9 se utilizaron en la industria y 22.3 de consumo en fresco (González, 2013). Los principales países productores de vid son España, Francia, Italia, China, Turquía, Estados Unidos, Portugal, Argentina, Chile, Australia, (Reveles *et al.*, 2013).

México cuenta con una superficie de 27,512 hectáreas y una producción de 127,370 toneladas (González, 2013). Los principales estados productores de este frutal son Sonora, Baja California Norte y Zacatecas (Reveles *et al.*, 2013).

Estudios previos han demostrado que el contenido de clorofila y la capacidad fotosintética son más altos en plantas tratadas con extracto de

algas marinas con aplicaciones foliares y al suelo (Spinelli *et al.*, 2009; Thirumaran *et al.*, 2009; Sunarpi *et al.*, 2010; Bai *et al.*, 2011; Kumari *et al.*, 2011; Rayma *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2014).

Otros estudios demostraron incrementos en rendimiento y un incremento apreciable en la calidad de frutos de un cultivo de vid (Sabir *et al.*, 2014).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación del biofertilizante Algaenzims[®] a base de extracto de la alga marina *Sargassum spp.* en el contenido de clorofila, intercambio neto de bióxido de carbono y su relación con el rendimiento y calidad del fruto de una plantación de vid cv. Shiraz.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Características de las algas marinas

Las algas marinas son plantas talofitas (organismo que carecen de raíz, tallo, hojas), unicelulares o pluricelulares, que viven preferentemente en el agua, tanto dulce como marina, y que en general están provistas de clorofila, que en ocasiones contienen otros pigmentos de colores variados que enmascaran a esta; el talo de las algas pluricelulares tiene forma de filamento, de cinta o de lámina y puede ser ramificado (Robledo, 1997).

Las algas son habitantes de todos los ambientes, no solo en cuerpos de agua estables sino también en aquellos expuestos a la desecación: sobre rocas desnudas, fuentes termales (en donde soportan altas temperaturas), nieves, glaciares. Es común encontrarlas en lugares con poca luz a grandes profundidades. Esta capacidad se debe a sus bajos requerimientos y su alta flexibilidad de adaptación (Erulan *et al.*, 2009).

La mayoría de las algas marinas son capaces de elaborar sustancias orgánicas a partir del dióxido de carbono (CO_2) y de sustancias inorgánicas disueltas en el agua. Este proceso denominado fotosíntesis, se cumple a través de la clorofila, un pigmento verde presente en las células, que actúa transformando la energía luminosa en energía química. Las sales y otras

sustancias nutritivas pueden ingresar por cualquier punto de su cuerpo. A diferencia de las plantas terrestres, no poseen tejidos de conducción ni de sostén. Se mantienen erguidas porque al desarrollarse en el agua la gravedad no actúa sobre ellas (Abowei y Ezekiel, 2013).

Las algas marinas taxonómicamente se clasifican en tres grupos basados en su color: Verdes (*Chlorophyceae*), pardas (*Phaeophyceae*), y rojas (*Rhodophyceae*) ya que presentan pigmentos que predominan como clorofilas, carotenoides y ficobilinas (Erulan *et al.*, 2009; Quitral *et al.*, 2012).

Las algas marinas son uno de los más importantes recursos marinos del mundo y se utilizan como alimento para ganado, consumo humano, materias primas para muchas industrias, fertilizantes agrícolas y como una fuente de ficocoloides tales como agar, ácido alginico y carragenina (Sathya *et al.*, 2010).

2.2 Extractos de algas marinas, su aplicación y su importancia

Los extractos de algas marinas como biofertilizantes, son materiales bioactivos naturales solubles en agua, son fertilizantes orgánicos naturales que promueve la germinación de semillas y que incrementa el desarrollo y rendimiento de cultivos (Norrie y Keathley, 2005). Los extractos de algas marinas contienen nutrientes mayores y menores tales como amino ácidos, vitaminas, citoquininas, auxinas y ácido abscísico las cuales son sustancias promotoras del crecimiento y el rendimiento en los cultivos, (Zhang y Schmidt, 2000; Zhang *et al.*, 2003).

Las algas son reconocidas como una excelente fuente de reguladores de crecimiento naturales se clasifican como fertilizantes orgánicos renovables,

aspecto importante a considerar con respecto a las actividades agrícolas sostenibles con el medio ambiente (Hong *et al.*, 2007).

La incorporación de algas al suelo incrementa el rendimiento y favorece la calidad de los frutos básicamente porque se administra a los cultivos no sólo todos los macro y micronutrientes que requiere la planta, sino también sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento, dentro de los compuestos ya identificados en las algas se tienen agentes quelatantes como ácidos algínicos, fúlvicos y manitol así como vitaminas, cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Metting *et al.*, 1990; Crouch y Van Staden, 1993; Canales-López, 2000).

Se han reportado estudios en los cuales la planta desarrolla tolerancia al estrés, mayor absorción de nutrientes del suelo y se mejoraron las propiedades antioxidantes con la aplicación de extractos de algas marinas. (Verkleij, 1992; Turan y Köse, 2004).

El efecto favorable de la aplicación de extractos de algas marinas es resultado de varios componentes que actúan de forma sinérgica en diferentes concentraciones (Fornes *et al.*, 2005). En los últimos años se ha observado un incremento en el uso de extractos de algas marinas debido a su potencial de ser utilizado en la agricultura orgánica y sostenible como un medio para evitar una excesiva aplicación de fertilizantes químicos y mejorar la absorción de minerales. Los extractos derivados de algas marinas son biodegradables, no tóxicos, no contaminantes y no peligrosos para las personas y animales (Dhargalkar y Pereira, 2005).

2.3 Origen y clasificación botánica del cultivo de la vid

2.3.1 Origen de la vid

La vid es originaria de Asia menor en la región del sur y entre los mares Caspios y Negro, muchos botánicos coinciden de que esta región es la cuna de la *Vitis Vinífera*, dentro de las etapas de la evolución de la vid tenemos: la primera etapa fue la de recolección de bayas silvestres y la segunda etapa fue la demostración a través de la multiplicación por estacas y su puesta en cultivo al pie de árboles, después se practicó la poda, permitiendo regular el crecimiento por medio de soportes y de estructura (Asencio *et al.*, 2002).

2.3.2 Clasificación botánica de la vid

La vid pertenece a la división espermafitas, subdivisión angiosperma, clase dicotiledónea, subclase archiclamydeas, al orden de las Ramnales y familia de las Vitáceas donde quedan incluidas todas las vides Europeas, destacando la especie *Vitis vinífera* L. (que cuenta con más de 10,000 variedades), vides americanas como *V. riparia*, *V. rupestris*, *V. berlandieri*, las cuales no tienen la calidad en sabor y consistencia para ser consumidas como *V. vinífera*, por lo que su uso es principalmente el de ser progenitores de patrones o porta injertos (Padilla, 2006).

Las vides son arbustos trepadores con zarcillos opuestos a las hojas, alternas y generalmente con estipulas; flores pequeñas, regulares, en general hermafrodita; estambres opuestos a los pétalos; corola de la prefloración valvar, discos nectaríferos tubulosos; pistilos de dos carpelos generalmente

bilobulados; inflorescencia en racimos compuestos; fruto en baya; semilla de testa dura y gruesa, albumen corneo y embrión pequeño. Las vides poseen un sistema denso de raíces de crecimiento rápido con gran capacidad de colonización del suelo y subsuelo con finalidad nutritiva y anclaje de las cepas, el pámpano se denomina a los ramos de año, es decir, a las formaciones vegetativas de crecimiento antes de su agostamiento y lignificación, la sumidad es la parte terminal del pámpano; la forma de curvatura, color del borde y forma de abrirse las primeras hojas son caracteres muy útiles para la diferenciación de especies y cultivares, se deben diferenciar distintos tipos de yemas según su posición; yemas terminales, que conducen a simpodios seriados, yemas axilares, yemas vistas, yemas basales y yemas mixtas (Padilla, 2006).

La vid al ser una planta leñosa tiene por lo general una vida muy larga, cuenta con un periodo juvenil que dura aproximadamente de 3 a 5 años, durante el cual no es capaz de producir flores; en general las yemas que se forman durante un año no se abren hasta el siguiente. La necesidad de mantener vivo el aparato epigeo, troncos, ramas, durante el invierno o tiempo de sequía hace a las plantas más exigentes en cuestión de clima y fertilidad, por lo que no viven en temperaturas extremas ni demasiado cerca de los polos ni de los desiertos, la vid es un cultivo frutícola de importancia en todo el mundo, siendo *Vitis vinífera* L. la especie que domina la producción comercial. Además de esta especie, se sabe que en el género *Vitis*, existen alrededor de 60 especies más, distribuidas principalmente en el hemisferio norte. (Columela, 2011).

A pesar de que diferentes especies de *Vitis* son importantes para el mejoramiento genético, a nivel mundial, se registra una alta tasa de erosión y pérdida de la diversidad en estas especies. Datos recientes indican que en Francia solo se propagan 133 cultivares de uva para vino y 28 de ellas representan más del 90% de las plantas injertadas. No solo el cultivo de *V. vinífera* ha desplazado a muchas vides silvestres, factores tales como accidentes y otras actividades humanas limitan también la cantidad de estas plantas (Boursiquot, 2000).

2.4 Producción de vid a nivel mundial y en México

La superficie cultivada de vid en el mundo es de 7.59 millones de hectáreas, de esta superficie se obtuvieron alrededor 69.2 millones de toneladas en de las cuales 46.9 se utilizaron en la industria y 22.3 de consumo en fresco (González, 2013). Los principales países productores de vid son España, Francia, Italia, China, Turquía, Estados Unidos, Portugal, Argentina, Chile, Australia (Reveles *et al.*, 2013).

México cuenta con una superficie de 27,512 hectáreas y una producción de 127,370 toneladas (González *et al.*, 2013). Los principales estados productores de este frutal son Sonora, Baja California Norte y Zacatecas; en este último se encuentran cultivadas aproximadamente 3, 600 hectáreas con vid cuya producción se destina principalmente para el consumo en fresco. (Reveles, 2013).

2.5 Uso de extractos de algas marinas y su relación con el contenido de clorofila de las hojas de diversos cultivos

Estudios previos mencionan que la aplicación de extracto de la alga marina (*Ascophyllum nodosum*) incrementó el contenido de clorofila en las hojas de vid (*Vitis vinifera*) resultando en un mayor rendimiento y calidad de frutos (Sabir *et al.*, 2014).

Selvam y Sivakumar (2014) mencionan que la aplicación por pulverización foliar de extractos líquidos de algas marinas rojas (*Hypnea musciformis*, Wulfen) Lamouroux (*H. musciformis*) a una concentración del 2% incremento el contenido de clorofila de las hojas de un cultivo de cacahuete (*Arachis hipogea*) que resulto en plantas de mayor vigor con mayor producción de vainas.

Se realizaron estudios en un cultivo de fresa (*Fragaria moschata*) en el cual se reporta que con la aplicación del extracto de la alga marina (*Ascophyllum nodosum*) a una concentración del 2% aumentó el crecimiento vegetativo (10%), se incrementó el contenido de clorofila en las hojas (11%), el crecimiento vegetativo (10%) y la producción de frutas (27%) (Spinelli *et al.*, 2010).

Estudios previos mencionan que al aplicar el extracto líquido de la alga marina (*Sargassum polycystum*) a una concentración de 1.5% en el cultivo de frijol de palo (*Phaseolus radiata* L.); se incrementó el contenido de clorofila en las hojas (13%) (Erulan *et al.*, 2009).

En estudios previos se reporta que con la aplicación por pulverización foliar de extractos de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*, *Laminaria spp.* y

Sargassum spp.) se incrementó el contenido de clorofila en las hojas de ajo (*Allium sativum* L.) a una dosis de 1 y 2% (Heba *et al.*, 2011).

Johnsi (2008) menciona sobre los efectos que se obtienen con la aplicación del extracto de la alga marina (*Sargassum wightii*) a una concentración de 1% y 5% en forma líquida en frijol (*Phaseolus aureus* L.) dichos efectos se reflejaron en un incremento en el contenido de clorofila en las hojas (7.8%). Lo que pudo deberse a la presencia de betaínas sustancia presente en el fertilizante líquido de algas marinas la cual mejorara el contenido de clorofila en las hojas.

Se reportó un incremento en el contenido de clorofila en las hojas de manzano (en un 12%) al aplicar un biofertilizante a base del extractos de la alga marina (*Ascophillum nodosum*) a una concentración del 3%. El hierro es un elemento esencial para la biosíntesis de la clorofila y la mejora de su captación puede deberse a las betainas cuyo elemento y sustancia están presentes en el biofertilizante. (Spinelli *et al.*, 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del sitio de estudios

El estudio se realizó en la Vinícola San Lorenzo ubicado en Parras de la Fuente, Coahuila, México. Se estableció en dos plantaciones de vid cv Shiraz de aproximadamente 5.2 ha, (204 m en la dirección E-O, por 256 m dirección N-S). La plantación es de siete años de edad y una altura de aproximadamente 2 m en su máximo desarrollo foliar. Las plantas están en un marco de plantación de 1.5 m entre plantas y 2.5 m entre hileras, con una densidad de 2 620 plantas por hectárea.

3.2 Propiedades físicas y químicas del suelo del sitio de estudio

Las características físicas y químicas del suelo se obtuvieron del promedio de 5 muestras de la parte central de cada una de las plantaciones (con y sin aplicación de biofertilizantes). Las propiedades químicas que se determinaron fueron: pH, CE, contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y carbonatos totales, mientras que las propiedades físicas fueron: contenido de materia orgánica, arcilla, limo, arena y clasificación textural.

3.4 Manejo agronómico de la plantación

La plantación se riega con un sistema de riego por goteo (0.75 m entre emisores), aplicando un gasto de 2.1 L h⁻¹. El tiempo de riego a través del ciclo

del cultivo es de 2 h diarias. Cada superficie recibió el mismo manejo del cultivo (poda, riego, fertilización y control fitosanitario) de acuerdo con las normas establecidas por la Vinícola San Lorenzo.

3.5 Tratamientos aplicados

El 14 de marzo de 2014, a una de las secciones se le aplicó al suelo 1 L ha⁻¹ del biofertilizante Algaenzims, Posteriormente a la misma sección, el 29 de abril del mismo año se aplicó vía foliar 1 L ha⁻¹ del mismo producto.

Algaenzims es un biofertilizante 100% orgánico que está elaborado a base de extractos de algas marinas. Contiene un complejo de microorganismos marinos de vida libre en estado viable (vivos): fijadores de nitrógeno del aire, halófilos, grupo aeróbico mesófilo, microalgas cianofitas, mohos y levaduras.

3.6 Intercambio neto de bióxido de carbono

Para esto se instaló en cada sección un sistema Eddy con los sensores correspondientes. Las mediciones de flujo de CO₂ (FCO₂) entre el dosel de la plantación y la atmosfera se obtuvo aplicando el método de la covarianza Eddy (Ham y Heilman, 2003). De acuerdo con la siguiente ecuación:

$$FCO_2 = \overline{w'pCO_2'} \quad (1)$$

Dónde: w es la velocidad vertical del viento, pco₂ es la densidad de bióxido de carbono. Las variables con símbolo de prima significan desviaciones respecto a la media y la barra horizontal sobre dos variables denota la covarianza entre las variables para un determinado segmento de

tiempo (30 min).

La velocidad vertical del viento se midió con un anemómetro sónico tridimensional (CSI-CSAT3, Campbell, Scientific, Inc., Logan, Utah, EE.UU.); para obtener p_{CO_2} se usó un analizador infrarrojo de bióxido de carbono y vapor de agua de sendero abierto (Open Path CO_2/H_2O analyzer, LI-7500. LICOR, Lincoln, Nebraska, EE.UU.).



Figura 1. Sensores de un sistema Eddy sobre una plantación de vid para medir los flujos de bióxido de carbono entre el dosel de la plantación y la atmósfera circundante.

Los sensores se montaron en un poste a 3 m de altura (1.2 m sobre el dosel de la vegetación), instalado en la parte media del extremo Oeste de cada plantación.

El anemómetro sónico tridimensional se orientó hacia el Este, para lograr que el viento tuviera por lo menos 200 m de contacto con la superficie vegetal en la dirección Este-Oeste y 125 m en la dirección norte-sur, antes del contacto con los sensores. Los vientos provenientes del Oeste no se consideraron en las determinaciones de los flujos.

La velocidad vertical del viento y del bióxido de carbono se midieron a una frecuencia de 10 Hz y las covarianzas correspondientes se calcularon cada 30 min con un datalogger CR1000 (Campbell, Cientific, Inc., Logan, Utah, EE.UU.).

El intercambio neto de bióxido de carbono (NEE) entre el dosel de la plantación de vid y la atmosfera ($\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) se obtuvo de la siguiente ecuación (Materns *et al.*, 2004):

$$\text{NEE} = \text{FCO}_2 + \frac{\Delta\rho\text{CO}_2}{\Delta t} * \Delta z \quad (2)$$

Dónde: FCO_2 es el flujo de bióxido de carbono medido con el método de la covarianza Eddy (negativo hacia la superficie vegetal), $\Delta\rho\text{CO}_2$ es el cambio en la densidad de CO_2 medido a la altura Δz , Δt es el intervalo de tiempo (30 min), Δz es la altura sobre la superficie del suelo a la que se realizan las mediciones de flujo (3 m).

Para analizar la diferencia estadística en el NEE en las plantaciones con y sin aplicación del biofertilizante se utilizó la prueba no paramétrica de wilcoxon para poblaciones pareadas ($\alpha < 0.05$).

3.7 Contenido de clorofila

Las diferencias en contenido de clorofila en las plantas con y sin aplicación del biofertilizante se evaluaron con un diseño completamente al azar con tres tratamientos (sin aplicación del biofertilizante, con aplicación al suelo y con aplicación al suelo y foliar) y 10 repeticiones, siendo la unidad experimental un grupo de tres plantas, para esto, se tomó una franja de 10 plantas por tratamiento y tres plantas al azar en cada franja, se consideraron 10 hojas por planta en las cuales se tomaron seis lecturas por hoja del contenido de clorofila usando un medidor portátil (SPAD 502, Plus, Spectrum, Technologies, Inc.), obteniéndose la media de las seis lecturas para tener un valor promedio por hoja. Las hojas muestreadas se tomaron de la parte media del brote en condiciones de sombra evitando exponer el SPAD al sol, las lecturas se tomaron en condiciones del día totalmente soleado. La comparación de medias se realizó con la prueba de tukey ($\alpha \leq 0.05$).

3.8 Rendimiento y Calidad de frutos

El efecto de la aplicación de biofertilizantes en el rendimiento de fruto se evaluó con un diseño estadístico completamente al azar con tres tratamientos (sin aplicación del biofertilizante, con aplicación al suelo y con aplicación al suelo y foliar) y cinco repeticiones siendo la unidad experimental el promedio de veinte plantas.

La calidad de frutos se determinó midiendo los siguientes parámetros: grados brix con un refractómetro, pH con un potenciómetro y acidez (por el

método volumétrico). Para estos parámetros también se usó un diseño estadístico completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de clorofila en las hojas

En todas las fechas de muestreo la aplicación del extracto de la alga marina al suelo y vía foliar resultó en un contenido de clorofila igual o mayor al de la aplicación solo al suelo y sin aplicación (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) (Cuadro 1). Esto probablemente se debió a que el extracto de alga marina contiene sustancias como betainas y elementos como el hierro, que se requieren en la síntesis de clorofila en las hojas (Hebba *et al.*, 2011). Nótese que el contenido de clorofila de las hojas de los tres tratamientos se incrementa de la fecha de muestreo 15 de mayo a la del 11 de julio, esto se debió al incremento de los pigmentos de clorofila de las hojas por la maduración de las mismas. De esta fecha al 25 de julio, se tuvo poca variación del contenido de clorofila y del 15 de agosto al 3 de octubre el contenido de clorofila tuvo una tendencia decreciente debido a la pérdida de pigmentos por la progresión de la senescencia de las hojas (Ahmed y Shalaby, 2012; Nagy y Pintér, 2015). El promedio del contenido de clorofila del periodo evaluado (mayo-octubre) en la sección con aplicación al suelo y foliar fue de 40.92 mientras que en la sección control fue de 39.85. Esto correspondió a un incremento de 2.68% por efecto de la aplicación del extracto de la alga marina. Estudios previos han reportado incrementos del contenido de clorofila por efecto de la aplicación de extractos de algas marinas. Por ejemplo,

Spinelli *et al.* (2010) reportaron que la aplicación del extracto de la alga marina *Ascophyllum nodosum* a una concentración del 2% a un cultivo de fresa (*Fragaria moschata*) incremento 11% el contenido de clorofila en las hojas, y 27% la tasa de fotosíntesis. Otros estudio han reportan que con la aplicación foliar de extractos de las algas marinas *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria spp.* y *Sargassum spp.* a una dosis de 1 y 2% respectivamente, incrementó el contenido de clorofila en las hojas de ajo (*Allium sativum L.*), lo que pudo deberse a la presencia de betaínas sustancia presente en el fertilizante líquido de algas marinas la cual aumenta el contenido de clorofila en las hojas (Shehata *et al.*, 2011). Similarmente, Spinelli *et al.* (2009) observaron un incremento de 12% en el contenido de clorofila en hojas de manzano con la aplicación de un biofertilizante derivado del extracto de la alga marina *Ascophyllum nodosum*. a una concentración del 3%, el hierro es un elemento esencial para la biosíntesis de la clorofila cuyo elemento estuvo presente en el extractoaplicado.

Cuadro 1. Contenido de clorofila en una plantación de vid (cv. Shiraz), con y sin aplicación del extracto de alga marina (*Sargassum spp.*) a través del ciclo de producción (mayo-agosto 2014). Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila.

| Tratamientos | 15 mayo | 30 mayo | 12 Junio | 27 junio | 11 julio | 25 julio | 15 agosto | 29 agosto | 18 septiembre | 03 octubre |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Control | 36.40 ^a | 39.07 ^a | 38.94 ^b | 40.90 ^b | 43.07 ^b | 43.45 ^a | 41.64 ^a | 39.80 ^a | 40.09 ^b | 35.09 ^a |
| Aplicación del biofertilizante al suelo | 35.91 ^a | 39.34 ^a | 41.87 ^a | 42.11 ^{ab} | 44.05 ^a | 43.74 ^a | 41.82 ^a | 40.61 ^a | 40.17 ^b | 35.53 ^a |
| Aplicación del biofertilizante suelo-foliar | 35.14 ^a | 39.74 ^a | 42.01 ^a | 42.96 ^a | 44.02 ^{ab} | 44.02 ^a | 42.11 ^a | 41.11 ^a | 41.66 ^a | 36.43 ^a |

Medias con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

4.2. Intercambio neto de bióxido de carbono

La aplicación del extracto de alga marina no aumento la tasa de intercambio neto de CO₂ (NEE) entre la plantación de vid y la atmósfera (Cuadro 2) (Wilcoxon, $\alpha \leq 0.05$). La tasa promedio diaria mensual de intercambio neto de CO₂ de abril a septiembre fue mayor en la sección sin la aplicación del extracto del alga marina. El promedio diario mensual de los meses mencionados fue 274.57 y 205.09 mmol m⁻² en la sección sin y con aplicación del extracto, que representó una diferencia de 38.87 %. Esto pudo deberse a la diferencia del tipo de suelo entre las plantaciones con y sin

aplicación del extracto ya que la plantación sin aplicación se ubica en un suelo con mayor capacidad de retención de agua, por lo que las plantas tuvieron una mayor disponibilidad hídrica, esto tuvo un mayor efecto en la tasa de fotosíntesis por efecto de la aplicación del extracto del alga marina. Estudios previos han mostrado la fuerte relación entre la disponibilidad de agua en el suelo y la tasa de fotosíntesis. Al respecto, Castañeda *et al.* (2006) observaron una reducción de hasta 72% de la tasa de fotosíntesis de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) debido al estrés prolongado del déficit hídrico. Otro estudio reportó que la tasa de fotosíntesis de un cultivo de maíz (*Zea mays*) decreció de 35 hasta 5.5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ debido a la suspensión del riego (Zarco *et al.*, 2005). De igual forma, Hayat *et al.* (2008) observaron una reducción del 75% de la tasa de fotosíntesis en un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) expuesto a estrés hídrico. Nótese que la tasa de asimilación de CO_2 promedio diaria mensual aumenta de abril a mayo (debido al desarrollo vegetativo de las plantas) en junio y julio se tuvo un decremento de asimilación que se debió a la poda de ramas (realizada la primera semana de junio).

La tasa de asimilación decreció en agosto y septiembre por la senescencia de las plantas. La máxima tasa de asimilación de CO_2 fue de 417.41 $\text{mmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ observada en la plantación sin aplicación del extracto de alga marina en el mes de mayo. Debido a que en las plantaciones de vid, el área de los pasillos es mayor que el área que cubren las plantas, la asimilación de CO_2 por la vegetación ($\text{mmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) es menor que la que se observa en cultivos de cobertura total. Por ejemplo, Vote *et al.* (2015) reportaron una tasa de

asimilación de 1775 en maíz (*Zea mays*) y 725 en arroz (*Oryza sativa*). Mientras que para caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) se reportaron valores de 571.08 (Zermeño-González *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Promedios diarios mensuales de intercambio neto de bióxido de carbono (mmol m^{-2}) de una plantación de Vid (cv. Shiraz), a través del ciclo de producción (Abril-Septiembre 2014), sin aplicación y con aplicación del extracto de la alga marina (*sargassum spp.*). Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila.

| Tratamientos | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Sin aplicación del biofertilizante | 211.98 ^a | 417.41 ^a | 382.14 ^a | 366.44 ^a | 187.64 ^a | 81.83 ^a |
| Con aplicación del biofertilizante | 123.60 ^b | 298.10 ^b | 245.48 ^b | 284.50 ^b | 209.02 ^b | 69.84 ^b |

Medias con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

4.3. Rendimiento y calidad del fruto

La aplicación del extracto de alga marina no tuvo efecto en el rendimiento de frutos (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)(Cuadro 3), ya que en la plantación sin el extracto se tuvo el mayor rendimiento. Los valores de rendimiento promedio por planta en las secciones con y sin aplicación del extracto fueron 9.09 kg y 10.32 kg respectivamente, lo que resultó en una diferencia del 13.5 %. Esto se debió a

que como se mencionó anteriormente, el efecto de una mayor retención de agua del suelo en la plantación sin la aplicación del extracto tuvo una mayor contribución en el contenido de clorofila de las hojas y por consiguiente en el rendimiento de frutos. Sin embargo, para condiciones de humedad homogénea, estudios previos han reportado incremento en rendimiento por la aplicación de extractos de algas marinas de diferentes cultivos (Fornes *et al.*, 2005; Zodape *et al.*, 2011; Pramanick *et al.* 2014).

Con relación a la calidad del fruto, la aplicación del extracto no afectó los grados brix del jugo de los frutos, sin embargo, el mayor grado de acidez se obtuvo con la aplicación del extracto solo al suelo y el menor pH con la aplicación al suelo y vía foliar (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) (Cuadro 3). Los valores recomendados para la elaboración de vino tinto con el cv. *Cabernet Sauvignon* son un pH de 3.28 y una acidez total de 4.92, mientras que para el cv. *Chardonnay* se recomienda un pH de 3.31 y una acidez de 4.04 (Ortega *et al.* (2002). Para el cv. *Shiraz* se recomienda un pH de 3.78 y una acidez de 5.5 (Gil *et al.*, 2013). Los valores de acidez de pH que se observaron en este estudio están dentro del rango recomendado, mientras que los valores de acidez son ligeramente menores.

Cuadro 3. Calidad y rendimiento en una plantación de vid (cv. Shiraz), a través del ciclo de producción (abril-octubre 2014). Vinícola San Lorenzo, Parras, Coahuila.

| Tratamiento | Rendimiento Kg/planta | Grados brix | acidez | pH |
|---|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Sin aplicación del extracto | 10.32 ^a | 27.10 ^a | 4.44 ^b | 3.84 ^a |
| Aplicación de extracto solo al suelo | 9.77 ^b | 27.64 ^a | 5.04 ^a | 3.76 ^{ab} |
| Aplicación del extracto al suelo y foliar | 9.09 ^c | 27.36 ^a | 4.89 ^{ab} | 3.70 ^b |

Medias con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

V. CONCLUSIONES

La aplicación del extracto a base de la alga marina al suelo y vía foliar en una plantación de vid cv. Shiraz incrementó el contenido de clorofila de las hojas de las plantas. El mayor contenido de clorofila, no aumento el intercambio neto de bióxido de carbono entre la plantación de vid y la atmósfera ni el rendimiento de frutos. La aplicación del extracto solo al suelo aumento la acidez, mientras que la aplicación al suelo y vía foliar disminuyo el pH. Ninguna de las aplicaciones afectó los grados Brix del jugo de los frutos.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Abowei, J. F. N. and E. N. Ezekiel. 2013. The potential and utilization of seaweeds. *Scientia Agriculturae*. 4(2): 58-66.
- Ahmed, Y. M. and E. A. Shalaby. 2012. Effect of Different Seaweed Extracts and Compost on Vegetative Growth, Yield and Fruit Quality of Cucumber. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*. 4(3): 235-240.
- Asencio, M. I., E. Valdés y F. Cabello. 2002. Characterization of some Spanish White grapevine cultivars by morphology and amino acid analysis. *Scientia Horticulturae*. 93(3): 289-299.
- Bai, N. R., R. M. Christi, and T. C. Kala. 2011. Seaweed liquid fertilizer as an alternate source of chemical fertilizer in improving the yield of *Vigna radiata* L. *Plant Archives*. 11(2): 895-898.
- Boursiquot, J. M. 2000. Development of methods for the conservation and the management of grape genetic resources. *Acta Horticulturae*. 2(115): 33-38.
- Canales-López B. 2000. Enzimas-Algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra*. 17(3): 271-276.
- Castañeda, S. M. C., T. L. Córdova, H. V. A. González, A. D. Alvarado, V. A. Santacruz, y G. G. de los Santos. 2006. Respuestas fisiológicas

rendimiento y calidad de semilla en frijol sometido a estrés hídrico. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*. 31(6): 461-466.

Columela, F. 2011. *Viticultura y enología. Manuales formativos para la vid y el vino*. Vinificatum.bolgsopot.mx. Junio 2015.

Crouch, I. J., and J. Van Staden. 1993. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant growth regulation*. 13(1): 21-29.

Dhargalkar, V. K. and N. Pereira. 2005. Seaweed: promising plant of the millennium. *Science Cult*. 71(3-4): 60-66.

Erulan, V. G., P. Thirumaran, and G. Ananthan. 2009. Studies on the effect of *Sargassum polycystum* extract on the growth and biochemical composition of *Phaseolus radiata* L. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*. 6(4): 392-399.

Fornes, F., P. M. Sánchez, and J. L. Guardiola. 2005. Effect of a seaweed extract on the productivity of Clementine mandarin and Navelina orange. *Botánica Marina*. 45(5): 486-489.

Gil, M., M. Esteruelas, E. González, N. Kontoudakis, J. Jiménez, F. Fort, and F. Zamora. (2013). Effect of Two Different Treatments for Reducing Grape Yield in *Vitis vinifera* cv Syrah on Wine Composition and Quality: Berry Thinning versus Cluster Thinning. *Journal of agricultural and food chemistry*. 61(20): 4968-4978.

Gopinath, K. A., S. Saha, B. L. Mina, H. Pande, S. Kundu, H. S. Gupta. (2008). Influence of organic amendments on growth, yield and quality of wheat and on soil properties during transition to organic production. *Nutr. Cycl. Agroecosys*. 82(1): 51-60.

González, H. 2013. Especialización productiva y vulnerabilidad agroalimentaria en México. *Comercio Exterior*. 63(2): 21-35.

- Ham, J. M. and Heilman J. L. 2003. Experimental test of density and energy-balance corrections on carbon dioxide flux as measured using open-pathddy covariance. *Agronomy Journal* 95(6): 1393-1403.
- Hayat, S., S. A. Hasan, Q. Fariduddin, and A. Ahmad. 2008. Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. *Journal of Plant Interactions*. 3(4): 297-304.
- Hebba, S. A. A., A. Y. Abou, and A. M. Gizawy. 2011. Effect of Foliar Spraying with Amino Acids and Seaweed Extract on Growth Chemical Constitutes Yield and its Quality of Celeriac Plant. *Journal of Scientific Research*. 58(2): 257-265.
- Hernández-Herrera, R. M., F. Santacruz-Ruvalcaba, M. A. Ruiz-López, J. Norrie, and G. Hernández-Carmona. 2014. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum L.*). *Journal of Applied Phycology*. 26(1): 619-628.
- Hong, D. D., H. M. Hien and P. N. Son. (2007). Seaweeds from Vietnam used for functional food, medicine and biofertilizer. *J. Appl. Phycol.* 19(6): 817-826.
- Johnsi, G. C. 2008. Effect of Seaweed (*Sargassum wightii* l.) on the Germination and Growth of Green Gram (*Phaseolus aureus* l.). *Journal of Basic and Applied Biology*. 2(1): 602-629.
- Khan, W., U. P. Rayirath, S. Subramanian, M. N. Jithesh, P. Rayorath, D. M. Hodges, A. T. Critchley, J. S. Craigie, J. Norrie, and B. Prithiviraj, 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*. 28(4): 386-399.
- Kumari, R., I. Kaur, and A. K. Bhatnagar. 2011. Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner on growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Journal of Applied Phycology*. 23(3): 623-633.
- Materns, C. S., T. J. Shay, H. P. Mendlovitz, D. M. Matross, S. R. Saleska, S. R. Wofsy, W. S. Woodward, M. C. Menton, J. M. S. De Moura, P. M. Crill, O. L. L. De Moraes, and R. L. Lima, 2004. Radon fluxes in tropical forest

ecosystems of Brazilian Amazonia: night-time CO₂ net ecosystem exchange derived from radon and eddy covariance methods. *Global Change Biol.* 10(5): 618-629.

Metting, B., W. J. Zimmerman, I. Crouch, and J. van Staden. 1990. Agronomic uses of seaweed and microalgae. *Introduction of applied phycology*. SPB, The Hague. 589-627.

Nagy, P. T. and T. Pintér. 2015. Effects of Foliar Biofertilizer Sprays on Nutrient Uptake, Yield, and Quality Parameters of Blaufrankish (*Vitis vinifera* L.) Grapes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 46(1): 219-227.

Norrie, J., and J. P. Keathley. 2005. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to 'Thompson seedless' grape production. (Proceedings of the Xth International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production). *Acta Hortic.* 727(1):243–248.

Ortega, F. S. O., P. Lozano, Y. Moreno, y L. León. 2002. Desarrollo de modelos predictivos de fenología y evolución de madurez en vid para vino cv. cabernet sauvignon y chardonnay. *Agricultura Técnica*. 62(1): 27-37.

Padilla, Erik. 2006. Efecto de biofertilizantes en cultivo de melón acolchado con polietileno. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 29(4): 321-329.

Pramanick, B., K. Brahmachari, A. Ghosh, and S. T. Zodape. 2014. Effect of seaweed saps on growth and yield improvement of transplanted rice in old alluvial soil of West Bengal. *Bangladesh Journal of Botany*. 43(1):53-58.

Quitral, V., C. Morales, M. Sepúlveda, y M. Schwartz. 2012. Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Revista chilena de nutrición* 39(4): 196-202.

Rayma, S. S., S. Nagaraj, and N. Vijayanand. 2011. Influence of seaweed liquid extracts on growth, biochemical and yield characteristics of *Cyamopsis tetragonoloba* (L.). *Journal of Phytology*. 3(9): 37-41.

Reveles, T. L. R., V. R. Velásquez, y G. G. Medina. 2013. Avances en el

diagnóstico fitopatológico del cultivo de la vid en zacatecas. *Agrofaz*. 13(3): 93-99.

Robledo, D. 1997. Las algas y la biodiversidad. CONABIO. *Biodiversidad* 13(1):1-4.

Sarwar, G., H. Schmeisky, S. Hussian, M. I. Muhammad, and E. Safdar. 2008. Improvement of soil physical and chemical properties with compost application in rice-wheat cropping system. *Pakistan J Bot.* 40(1):275–282.

Sathya, B., H. Indu, R. Seenivasan, and S. Geetha. 2010. Influence of seaweed liquid fertilizer on the growth and biochemical composition of legum crop, *Cajanus cajan* (L.) mill sp. *Journal of Phytology*. 2(5): 50-63.

Sabir, A., K. Yazar, F. Sabir, Z. Kara, M. A. Yazici, and N. Goksu. 2014. Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer pulverizations. *Scientia Horticulturae*. 175(15): 1-8.

Selvaraj, R., M. Selvi, and P. Shakila. 2004. Effect of seaweed liquid fertilizer on *Abelmoschus esculentus* (L). Moench and *Lycopersicon lycopersicum* Mill. *Seaweed Res Utilin*. 26:121-123.

Selvam, G. G. and K. Sivakumar. 2014. Influence of seaweed extract as an organic fertilizer on the growth and yield of *Arachis hypogea* L. and their elemental composition using SEM–Energy Dispersive Spectroscopic analysis. *Asian Pacific Journal of Reproduction*. 3(1): 18-22.

Shehata, S. M., S. A. A. Heba, A. Y. Abou, and A. M. Gizawy. 2011. Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes yield and its quality of celeriac Plant. *Journal of Scientific Research*. 58(2): 257-265.

Spinelli, F., G. Fiori, M. Noferini, M. Sprocatti, and G. Costa. 2009. Perspectives on the use of a seaweed extract to moderate the negative effects of alternate bearing in apple trees. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 84(1): 131-137.

- Spinelli, F., F. Giovanni, N. Massimo, S. Mattia, and C. Guglielmo. 2010. novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Scientia Horticulturae*. 125(3): 263-269.
- Subba Rao, P. V., V. A. Mantri, and K. Ganesan. 2007. Mineral composition of edible seaweed *Porphyra vietnamensis*. *Food Chem*. 102(1):215–218.
- Sunarpi, A., R. Jupri, N. Kurnianingsih, I. Julisaniah, and A. Nikmatullah. 2010. Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. *Bioscience*. 2(2):73-77.
- Thirumaran, G., M. Arumugam, R. Arumugam, and P. Anantharaman. 2009. Effect of seaweed liquid fertilizer on growth and pigment concentration of *Abelmoschus esculentus*(L) Medikus. *American-Eurasian Journal of Agronomy*. 2(2): 57–66.
- Turan, M. and C. Köse. 2004. Seaweed extracts improve copper uptake of grapevine. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B, Soil and Plant Science* 54(4): 213–220.
- Verkleij, F. N. 1992. Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review. *Biological Agriculture and Horticulture*. 8(4):309-324.
- Vote, C., A. Hall, and P. Charlton. 2015. Carbon dioxide, water and energy fluxes of irrigated broad-acre crops in an Australian semi-arid climate zone. *Environ. Earth Sci*. 73(3):449-465.
- Zarco, P. E., P. M. C. López, M. Y. Salinas, y H. V. A. González. 2005. Marcadores fisiológicos de la tolerancia a sequía en maíz. *Agrociencia*. 39(5): 517-528.
- Zermeño-González, A., S. Villatoro-Moteno, J. J. Cortés-Bracho, M. Cadena-Zapata, E. A. Catalán-Valencia, M. A. García-Delgado, y J. P. Munguía-López. 2012. Estimación del intercambio neto de CO₂ en un cultivo de caña de azúcar durante el ciclo de plantilla. *Agrociencia*. 46(6): 579-591.

- Zhang, X. and R. E. Schmidt. 2000. Hormone-containing products impact on antioxidant status of tall fescue and creeping bentgrass subjected to drought. *Crop Science*. 40(5):1344-1349.
- Zhang, X., E. H. Ervin, and R. E. Schmith. 2003. Regulators can enhance the recovery of Kentucky bluegrass sod from heat injury. *Crop Science*. 43(3):952–956.
- Zodape, S. T., A. Gupta, S. C. Bhandari, U. S. Rawat, D. R. Chaudhary, and K. Eswaran. 2011. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Scientific & Industrial Research*. 70(3): 215-219.

