

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Calidad Nutracéutica de Lechuga Biofortificada con Selenio Iónico Absorbido en
Complejos de Quitosán Poliácido Acrílico.

Por:

LUIS ALBERTO VERGARA RAMIREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila México.

Junio, 2018.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Calidad Nutracéutica de Lechuga Biofortificada con Selenio Iónico Absorbido en
Complejos de Quitosán-Poliácido Acrílico

Por:


LUIS ALBERTO VERGARA RAMIREZ


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente
Asesor Principal


Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Coasesor


M.C. Paola Catalina Leija Martínez
Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía


División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Junio, 2018.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme poder concluir con mis estudios con tan sacrificio y esmero en la escuela, bendiciendo mi camino día a día para poder lograr la finalización de mi carrera que ayudará a fortalecerse en la vida.

Quiero también agradecer a mi ALMA TERRA MATER la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO por poderme forma como un gran profesionista y capacitarme para la vida diaria como INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA y poder brindar el mejor trabajo donde quiera que me desempeñe como tal.

A todos los integrantes del DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA por todo el conocimiento compartido y su apoyo para poder ser un hombre de bien en la vida.

A mi asesora Paola por confiar en mí y dejar forma parte de este proyecto que con arduas horas de trabajo en el invernadero y laboratorio con fin de realizar y ejecutar con la mejor manera el proyecto.

Con mi padre Jesús Vergara Benítez y mi madre Luz María Ramírez Gutiérrez que sin su apoyo esto no se hubiera hecho realidad el ser un profesionista hecho y derecho.

A mi familia Vergara Benítez por todo el apoyo que me brindaron para seguir con mis estudios con sus ánimos y bendiciones para yo poder seguir con mi carrera y jamás dejaron que me desviara de mis objetivos.

DEDICATORIA

Primero que nada, esto se lo dedico a mi abuelita Adalberta Benítez Domínguez que se encuentra con nuestro dios padre en el cielo y ella con sus bendiciones a caricias me hizo con la visión de ser alguien en la vida.

A mi abuelito Wilfrido Vergara Quintero que con sus consejos me ha llenado de sabiduría para poderme enfrentar con la sociedad.

A mi madre Luz María Ramírez Gutiérrez que sin ella mi camino fuera un camino sin futuro ya que es lo que más quiero en esta vida y a mi padre Jesús Vergara Benítez por su apoyo incondicional.

A mis hermanos Irving y Wilfrido por su apoyo y ánimos que me fortalecen y me animan a ser alguien en la vida.

A mis tías Alejandra, María Eugenia por su apoyo día a día para que yo jamás dejara el estudio y sin ellas no sería el Ingeniero que ahora soy.

A mi Tía Madrina Laura que con su apoyo desde el inicio confío en mí y me apoyó hasta el final para jamás dejar el estudio.

Y a todos mis Primos todos lo “LOS BIBIS” que con su apoyo incondicional siempre aportaron bendiciones y regaños para que jamás dejara el estudio.

A todos ellos con cariño les dedico mi logro como **INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA** y sin ellos nada sería de mi **GRACIAS.**

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Objetivo	4
Objetivos particulares	4
Hipótesis	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Origen e historia	5
Fenología del cultivo	5
Descripción botánica	6
Descripción de la siembra de lechuga.	6
Importancia Económica	6
Requerimientos Edafoclimáticos	7
Temperatura.	7
Humedad relativa.	7
Suelo.	8
Densidad de siembra.	8
Siembra.	8
Trasplante.	8
Valor nutricional.	9
Problemas fitosanitarios en el cultivo de la lechuga.	10
Descripción del Selenio.	11
Información del selenio en la salud humana	12
El selenio en plantas.	12
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Ubicación del experimento.	14
Preparación de plántula.	14
Trasplante de la plántula.	14
Riego y fertilización.	14
VARIABLES QUE EVALUAR.	17
Peso fresco de cabeza.	17

Peso fresco de hojas.	17
Número de hojas.	17
Peso fresco total.	17
Peso seco.	18
Diámetro polar.	18
Diámetro ecuatorial.	18
Fenoles totales.	18
Proteínas.	19
Proteínas totales.	19
Catalasa	19
Glutación Peroxidasa	20
Análisis de datos.	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
Variables de productividad	22
Peso fresco de hoja	23
Peso fresco total	24
Número de hojas	25
Peso seco	26
Variable de Productividad.	27
Variables nutracéutica	28
Conclusión	35
Bibliografía	36

ÍNDICE DE CUADROS
contenido

# Cuadro.		Página
1	Composición nutritiva de distintos tipos de lechuga.....	9
2	Detalles de la concentración de la soluciones nutritiva Steiner.....	15
3	Descripción de los tratamientos.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

# Figura.		Pag.
1	Distribución y arreglo topográfico de las unidades experimentales en el.....	16
2	Comparación de medias de peso de cabeza.....	22
3	Comparación de medias de peso fresco de hoja.....	23
4	Comparación de medias de peso fresco total.....	24
5	Comparación de medias de número de hojas.....	25
6	Comparación de medias de peso seco.....	26
9	Comparación de medias de fenoles totales.....	28
10	Comparación de medias de proteínas.....	29
11	Comparación de medias de catalasas.....	30
12	Comparación de medias de glutatión peroxidasa.....	31
13	Comparación de medias del selenio iónico.....	32

RESUMEN

El selenio es un elemento esencial en la dieta para los seres humanos, por lo tanto, es conveniente incorporar al selenio en la fertilización agrícola con la finalidad de mejorar las propiedades nutraceuticas buscando la biofortificación en los órganos de interés para consumo humano. El selenio no está considerado dentro de los elementos esenciales para las plantas, sin embargo, diversos estudios han asociado al selenio con el metabolismo redox vegetal, puesto que el selenio se encuentra en bajas concentraciones en la mayoría de los suelos en el planeta, es necesario hacer un uso eficiente en su uso agrícola. El uso de biopolímeros para encapsular elementos y que estos sean aprovechados por las plantas esta técnica puede resultar efectiva para optimizar la absorción del selenio por los cultivos. En la actualidad el cultivo de la lechuga se ha convertido en uno de los más importantes por su alto valor nutrimental, teniendo en cuenta que la lechuga tiende a ser rica en vitaminas y minerales presentándose en las hojas verdes intensas con mayor contenido. La siguiente investigación se realizó en el Departamento de Horticultura en la UAAAN, en un invernadero de mediana tecnología, con un sistema de riego por goteo automatizado en tres riegos diarios con 5 minutos cada riego, en tres tratamientos y un testigo en un diseño completamente al azar, siendo los tratamientos T1: Testigo, T2: Selenio iónico (SeO_2), T3: Quitosan Poliácido Acrílico más Dióxido de Selenio (Qs-PAA + Se) y T4: Quitosan-Poliácido Acrílico (Qs-PAA). Se evaluaron variables de calidad nutraceutica y productividad de la lechuga obteniendo resultados significativos en la actividad enzimática de glutatión peroxidasa y en la cantidad de selenio acumulado en la planta.

Palabras Clave: Lechuga, Glutatión Peroxidasa, Quitosán, Poliácido Acrílico, Selenio Iónico.

INTRODUCCIÓN

El selenio es un elemento de gran interés a nivel mundial y su importancia es cada vez mayor, ya que este elemento es un micronutriente esencial para los seres humanos y los animales (Smoleń et al., 2016). La baja ingesta de selenio puede resultar en varios trastornos de salud, incluyendo enfermedades del corazón, disminución de la fertilidad, el hipotiroidismo, las condiciones relacionadas con el estrés oxidativo, y debilidad en el sistema inmunológico (Schiavon et al., 2016).

El bajo contenido de selenio en formas disponibles para las plantas en la solución del suelo es una de las principales causas de su insuficiente transferencia en el sistema suelo-planta-consumidor. Varios reportes de investigaciones relacionados con el selenio han proporcionado pruebas de que la administración de suplementos de fertilizantes comerciales con selenato de sodio afecta positivamente no sólo el valor nutritivo de toda la cadena alimentaria, sino también al rendimiento de los cultivos (Hartikainen, 2005). El nivel de adición de Se ha sido óptima, y no se han observado concentraciones anormalmente altas en las plantas o en los alimentos de origen animal.

Actualmente, la tendencia es centrarse en la biofortificación de productos hortícolas con el fin de asegurar la dosis adecuada para la ingesta humana, por ello la biofortificación de hortalizas ayudarán a las personas de bajos recurso al acceso a vitaminas y minerales al consumirlas en cantidades suficientes (Garg et al., 2018). La utilización de productos y residuos biológicos es una gran alternativa para la producción agrícola, que deberá utilizar procesos o productos que no sean dañinos para el medio ambiente, de igual manera es posible realizar mezclas con materiales sintéticos no dañinos para el ambiente que confieran facilidades para su aplicación. (Smoleń et al. 2016).

La lechuga es la planta más importante del grupo de las hortalizas de hoja; se consume en ensaladas, es ampliamente conocida y se cultiva casi en todos los países del mundo. Las lechugas forman parte del género *Lactuca* y pertenecen a la familia de las Asteráceas (compuestas), que abarca más de 1000 géneros y 20.000 especies, de las que muy pocas se cultivan. Esta familia, cuyo nombre actual deriva del griego Aster (estrella), se caracteriza porque sus flores están compuestas por la fusión de cientos e incluso miles de flores diminutas. Dentro de las Asteráceas se encuentran muchos tipos

de hortalizas de diversas especies: de hoja (achicoria, lechuga, endibia, escarola), de flor (alcachofa) o de tallo (cardo). El término científico *Lactuca Sativa* también incluye a los cogollos y lechugas de tallo pequeño que forman una cabeza parecida a la de la col. La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es un cultivo de gran importancia económica nacional e internacionalmente debido a su alta demanda en el mercado ya que se consume en fresco para ensaladas y como decoración en la gastronomía, por su bajo contenido calórico es muy recomendado en dietas. Su importancia también recae en que se adapta a casi cualquier clima, ya que tolera los climas fríos como pocos cultivos.

En México la superficie sembrada en el año 2012 fue de 17,315.21 ha y la cosechada de 16,194.71 ha, en cuanto a la producción es de 335,337.28 ton y el rendimiento medio nacional es de 20.71 t ha⁻¹. Comparando estos datos con lo reportado por la FAO en 2008, para el año 2007 el rendimiento medio mundial es de 22.09 t ha⁻¹, podemos decir que en México la lechuga que se produce no alcanza para la media mundial (Pérez & Adan Zepeda López, 2013). El selenio es un elemento esencial en la dieta para los seres humanos, por lo tanto, es conveniente incorporar al selenio en la fertilización agrícola con la finalidad de mejorar las propiedades nutraceuticas buscando la biofortificación en los órganos de interés para consumo humano.

El selenio no está considerado dentro de los elementos esenciales para las plantas, sin embargo, diversos estudios han asociado al selenio con el metabolismo redox vegetal, puesto que el selenio se encuentra en bajas concentraciones en la mayoría de los suelos en el planeta, es necesario hacer un uso eficiente en su uso agrícola. El uso de biopolímeros para encapsular elementos y que estos sean aprovechados por las plantas es una técnica que puede resultar efectiva para optimizar la absorción de selenio por los cultivos. Por lo tanto, el uso eficiente de los polímeros ayudará a la planta a la mejor absorción del selenio para así biofortificar los órganos de la planta para poder beneficiar a la salud humana, más selenio por medio del consumo de la lechuga. En el presente trabajo de investigación se buscó incrementar el contenido de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos en plántulas de *Lactuca sativa* a través de la aplicación de selenio iónico y absorbido con quitosán poliácido acrílico.

Objetivo

Comparar dos tipos de aplicación de selenio en la planta de lechuga y estudiar el efecto sobre productividad y calidad nutracéutica; determinando la mejor opción de absorción del selenio por parte de la planta.

Objetivos particulares

1. Determinar el nivel de asimilación de selenio en las plantas en función de la forma de aplicación.
2. Cuantificar la producción de biomasa y volumen de producción en el ciclo productivo de la hortaliza.
3. Determinar la calidad nutracéutica de la lechuga en función de los compuestos fenólicos acumulados y actividad de antioxidantes enzimáticos.

Hipótesis

La aplicación de selenio absorbido en el complejo de biopolímeros Qs-PAA es asegurar la absorción del selenio y afecta el crecimiento y actividad bioquímica de las plantas de *Lactuca sativa*, a través de un mecanismo oxidativo que induce cambios en su metabolismo redox.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e historia

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es un cultivo que, desde su domesticación a partir de especies silvestres, se ha convertido en una planta típica en las ensaladas, y como adorno en platos especiales en todo el mundo (Lardizabal, R.D. y Medlicott, 2010).

Fenología del cultivo

El cultivo de lechuga se divide en cuatro fases:

Fase de plántula: se da la aparición de la radícula y la emergencia de los cotiledones, seguidamente un crecimiento radicular en profundidad y luego la aparición de 3 a 4 hojas verdaderas, esta fase comprende una duración entre 3 a 4 semanas.

Fase de roseta: se da la aparición de nuevas hojas y una disminución en la relación largo-ancho de folíolos, se produce un acortamiento de los pecíolos y finalmente la formación de una roseta con 12 a 14 hojas, la duración de esta fase varía de 3 a 4 semanas.

Fase de formación de la cabeza: las hojas se vuelven más anchas que largas y toman cierta curvatura por el eje de la nervadura central, con lo que las nuevas hojas quedan envueltas por las formadas anteriormente, la duración de esta fase va de las 2 a las 3 semanas de duración.

Fase de floración: la cabeza pierde calidad, las hojas se toman un sabor amargo, se alargan y el tallo comienza a elongarse y posteriormente se da la emisión de las inflorescencias (Lardizabal, R.D. y Medlicott, 2010).

Descripción botánica

Es una planta perteneciente a la familia de las asteraceae, que posee una raíz pivotante, con numerosas raíces laterales, las cuales se desarrollan principalmente en la parte superficial del suelo, sobre los primeros 30 centímetros de profundidad. Con un tallo muy corto y las hojas forman una roseta que varían tanto de tamaño como de forma, textura y color, dependiendo de la variedad que se cultive. Una vez que pasa la madurez comercial, bajo condiciones ideales de clima se forma un tallo floral que puede llegar a medir de 1 a 1.2 metros, dependiendo de las variedades. La inflorescencia se compone en capítulos de 15 a 25 flores cada uno y con una coloración amarillenta(Camacho, 2015).

Descripción de la siembra de lechuga.

Las siembras de la lechuga se realizan principalmente en los meses de febrero, mayo, agosto, octubre y diciembre. Cuando la siembra se realiza directamente en campo, se coloca una semilla por sitio. La plántula en campo dura alrededor de dos meses y medio, lo que implica aproximadamente 75 días de cultivo hasta la producción. También hay productores que prefieren arrojar la semilla al chorrillo y después desahijar (Ana Gabriela Alvarado Martínez, 2005).

Importancia Económica

La importancia del cultivo de la lechuga ha ido incrementándose en los últimos años, debido a la diversificación de tipos varietales como al aumento de la gama. México es el octavo productor de lechuga con 370, 066 toneladas, superado en primer lugar por China con 13, 434,116 toneladas, Estados Unidos con 3,889,120, India con 1,059,850 entre otros(Pérez & Adan Zepeda López, 2013).

Requerimientos Edafoclimáticos

La lechuga es la más importante del grupo de las hortalizas de hoja que se consume en ensaladas. Es ampliamente conocida y se cultiva en casi todos los países. Su producción es fácil, su calidad se puede mejorar, y ampliar los periodos de la disponibilidad de los mejores tipos, mediante sencillas prácticas y selección de cultivares apropiados. El manejo de los factores climáticos en invernadero de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de éstos incide sobre el resto.

Temperatura.

La temperatura óptima de germinación oscila entre unos 18 a 20°C durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14 a 18° C por el día y a 5 a 8° C por la noche, pues la lechuga exige que se presente diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12°C por el día y a 3 a 5°C por la noche. Este cultivo soporta mejor las bajas temperaturas que las elevadas, ya que puede tolerar hasta 30°C como máximo y como mínimo - 6°C. Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna carencia.

Humedad relativa.

El sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y no tolera un periodo de sequía, aunque este sea muy breve. La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80 % aunque en determinados momentos le favorece menos del 60%. Los problemas que presenta este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan, esto cuando el suelo presenta temperaturas arriba de 8°C.

Suelo.

Los suelos preferidos por la lechuga son los ligeros, arenosos-limosos, con buen drenaje, situando el PH óptimo entre 5.2 a 5.8; en PH inferiores a 5.0 se ha observado la reducción de la cosecha hasta un 30%. El suelo deberá ser fértil, de textura franco a franco arenosa y con buena cantidad de materia orgánica. Deberá poseer una alta capacidad de retención de agua, debido a que el sistema radicular de la lechuga es muy superficial afectando el desarrollo de la planta si hay variaciones del contenido y humedad del suelo.

Densidad de siembra.

La población óptima es de 66,667 plantas por hectárea. El trasplante se realiza en camas de 1 metro de ancho, a doble hilera, en tresbolillo con una separación de 30 cm entre plantas e hileras.

Siembra.

En cuanto a la distancia de siembra se recomienda sembrar a un espacio de 30 cm entre planta y 30 cm entre hilera, la profundidad de la semilla no debe exceder a los 0.5 mm.

Trasplante.

En el trasplante se utilizan plantas que tengan de 3 a 5 hojas, aproximadamente de 10 a 12 centímetros de altura, un color verde intenso y que no presenten problemas fitosanitarios. Se recomienda seleccionar plántulas uniformes y vigorosas a fin de garantizar la homogeneidad de la plantación, las precauciones que debe tenerse al momento del trasplante son: escoger plántulas fuertes con 4 a 6 hojas, no podar la raíz y las hojas, escoger el mejor momento para el trasplante y no enterrar demasiado las plantas de tal manera que el cuello quede sobre el suelo, mojar la tierra antes de la siembra(Cruz, 2013).

Valor nutricional.

La lechuga es una hortaliza pobre en calorías, aunque las hojas exteriores son más ricas en vitamina C que las interiores. En el cuadro 1, se indica las características nutricionales promedio de distintos tipos de lechuga (Pérez & Adan Zepeda López, 2013).

Cuadro 1. Composición nutritiva de distintos tipos de lechugas (por 100g de parte comestible) (Lardizabal, R.D. y Medlicott, 2010).

COMPUESTO	CANTIDAD
Calorías	18 Kcal
Agua	94 g
Proteína	1.30 g
Grasa	0.30 g
Cenizas	0.90 g
Carbohidratos	3.50 g
Fibra	1.9 g
Calcio	68 mg
Hierro	1.40 mg
Fósforo	25 mg
Vitamina C	18 mg

Lechuga Var. Great lakes.

Variedad de amplia adaptación. Las cabezas son grandes, sólidas y de atractivo color verde oscuro. El corazón es grande, sólido y uniforme. Hojas exteriores de color verde

oscuro, maduración media-precóz. Uniformidad excelente que permite que un alto porcentaje de la producción se coseche en el primer corte. Buena tolerancia a la quemadura de la punta de las hojas.

Ciclo: 75 a 80 días

Tipo: iceberg

Cultivo: aire libre

Planta: hoja verde oscura.

Observación: apariencia redonda, y cultivo de otoño, invierno y primavera.

Problemas fitosanitarios en el cultivo de la lechuga.

El tema fitosanitario es uno de los principales problemas que se debe afrontar tanto en producción (control de plagas, enfermedades), como en comercialización (producto limpio, fresco y libre de residuos fitosanitarios).

A continuación, se expone la problemática fitosanitaria que se tiene en el cultivo de la lechuga.

Plagas en el suelo: gusano de alambre (*Agriotes lineatus*) y gusano gris (*A. segetum*). Tanto el gusano de alambre como el gusano gris realizan daños a nivel del cuello de la planta, mordiendo el tallo hasta cortarla.

Plagas en la parte aérea: pulgón (*Myzus persicae*). Esta plaga es la más importante del cultivo de la lechuga. Además de los daños directos que ocasiona por las picaduras, puede ser vector de virosis, por ejemplo, virus del mosaico de la lechuga.

Minadores (*Liriomyza trifolii*, *Liriomyza huidobrensis*). Las larvas de esta plaga realizan galerías en las hojas de la lechuga.

Enfermedades presentes en el suelo: podredumbre del cuello (*Sclerotinia minor*, *Sclerotinia sclerotiorum*). Esta enfermedad afecta a la zona del cuello de la planta.

Enfermedades en la parte aérea: bacterias (*Pseudomonas cichorii*). Esta enfermedad es la más común afectando a las plantas cuando está cerca de la recolección. Los daños se pueden encontrar en las hojas exteriores como en las interiores, presentando lesiones alargadas y oscuras en el nervio de la hoja (Ana Gabriela Alvarado Martínez, 2005).

El virus del mosaico de la lechuga causa un moteado amarillento de las hojas que se ve entre las nervaduras más finas por transparencia. Cuando las plantas son afectadas en etapa temprana de su ciclo se retuercen y con frecuencia no llegan a cogollar. Cuando se obtienen semillas de plantas infectadas 0-15% de éstas llevan el virus en el embrión. Las plantas infectadas por semillas sirven de depósito para los insectos que chupan la savia que transmite el virus a otros cultivos próximos.

Descripción del Selenio.

Descubierto por Berzelius en 1817, que lo encontró junto con el telurio en los barros de las cámaras de plomo. También en estado nativo. La corteza lo contiene en 5×10^{-6} % en peso, sobre todo como impureza en depósitos de azufre, sulfuros y sulfatos. Hasta hace poco se obtenía del procesamiento de minerales con sulfuro de cobre (chimeneas), pero actualmente la mayor parte se obtiene del ánodo del proceso de refinado electrolítico del cobre y de la plata: contienen hasta un 8% de seleniuros. El selenio se recupera por tostación de los lodos anódicos. El SeO_2 formado es sólido. A partir del SeO_2 se obtiene el elemento por reacción con SO_2 . El selenio, como el azufre al que se parece en sus formas y compuestos, se presenta en varias formas alotrópicas: Selenio gris, hexagonal, modificación metálica formada por cadenas helicoidales de átomos. Funde a $220,5^\circ\text{C}$ y hierve a $684,8^\circ\text{C}$. Es la forma más estable. Es un semiconductor fotosensible (Corporativo.net, 2012).

El elemento y sus combinaciones son muy venenosas. Se ha dicho que el selenio elemental, prácticamente, no es tóxico, y trazas de este son esenciales; sin embargo, el seleniuro de hidrógeno (1,5 ppm es mortal) y otros compuestos son extremadamente tóxicos, semejando en su acción fisiológica al arsénico. El selenio que se encuentra en

algunos suelos se acumula en las plantas y puede producir serios problemas a los animales.

Información del selenio en la salud humana

En el humano, el selenio ha sido reconocido como elemento esencial en el mantenimiento de las funciones fisiológicas en el organismo, que a su vez, debe ser ingerido en la dieta humana en concentraciones del orden de 70 µg/día en el caso de déficit de selenio(Hernández-Mendoza & Rios-Lugo, 2009). En el humano, solamente algunas selenio-enzimas y selenio-proteínas se han caracterizado como dependientes de selenio por el rol biológico presente en el mantenimiento y funcionamiento del hombre, ya que estas especies de selenio pueden ayudar a combatir varias enfermedades, entre la que destacan, varios tipos cáncer, HIV y complicaciones cardiovasculares.

Los primeros estudios con selenio en seres vivos fueron en la década de los 50 por(Schwarz & Foltz, 1957), los estudios consistieron en la administración de selenio en ratas con necrosis hepática por déficit de vitamina E. Sus resultados demostraron que el selenio tiene una función antioxidante, debido a la reducción de la necrosis hepática en las ratas. Sin embargo, no fue hasta el año 1973, cuando se comprobó la función reductora de la especie SeCys2 presente en la enzima glutatión peroxidasa (GPX). A partir de ese momento, se han hecho varios ensayos clínicos en humanos con el fin de identificar las funciones fisiológicas y bioquímicas presentes en el organismo, dichas funciones guardan una estrecha relación con los niveles adecuados de selenio-proteínas y enzimas dependientes de selenio en varios órganos vitales (cerebro, sistema endocrino y reproductor). Se considera que el selenio es esencial en los humanos por su papel como cofactor de enzimas relacionadas con el metabolismo antioxidante (Hernández-Mendoza & Rios-Lugo, 2009).

El selenio en plantas.

El selenio es un elemento esencial para los humanos, pero calificado como no esencial para las plantas. Sin embargo, en presencia de selenio en el sustrato o aplicado por aspersión foliar las plantas lo acumulan en sus tejidos, sirviendo como fuente primaria de este elemento en la alimentación(López-Gutiérrez, 2015).

El selenio se metaboliza en las plantas en la vía de asimilación del azufre y su distribución y acumulación depende de las especies químicas y la concentración del elemento suministrado por el riego a través de las hojas y de la naturaleza y concentración de otras sustancias en la solución del suelo.

También se hace mención que las variables de crecimiento, altura de la planta, diámetro del tallo, firmeza de la fruta y sólidos totales de los frutos respondieron positivamente a la aplicación de selenio, mientras que esta aplicación no causó interferencia en la absorción de N, P, K, Ca y Mg (Smoleń et al., 2016). Otros autores también han informado de que Se aumenta el rendimiento del arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento.

El experimento se llevó a cabo en Saltillo que se localiza en el sureste del estado de Coahuila, en las coordenadas 101°59 '17" longitud oeste y 25°23 '59" latitud norte, a una altura de 1,600 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 14 a 18°C y la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 300 a 400 milímetros; con régimen de lluvias en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y escasas en noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo; los vientos predominantes soplan en dirección noreste con velocidad de 22.5 km/h. La frecuencia de heladas es de 20 a 40 días y granizadas de uno a dos días.

Preparación de plántula.

La preparación de la plántula se llevó a cabo en charolas de polietileno con sustrato de *peat-moss* con 50% de perlita previamente hidratado a capacidad de campo, germinando la *Lactuca sativa* var. Great Lakes una profundidad de 0.5 centímetros con su respectiva solución nutritiva y aplicaciones para el control de plagas y enfermedades que impidan el desarrollo de ella.

Trasplante de la plántula.

El trasplante para llevar a cabo el experimento se realizó en bolsas de polietileno de 10 litros, individuales con sustrato de *peat-moss* con 50 % de perlita previamente hidratado a capacidad de campo, para poder llevar a cabo con mayor comodidad la aplicación de los diferentes tratamientos colocando la plántula en el centro de las bolsas a una profundidad de 10 centímetros.

Riego y fertilización.

El riego se llevó a cabo de forma automatizada utilizando el sistema de riego por goteo dividiendo los riegos en tres aplicaciones: en la mañana (09:00 am), a mediodía (12:30 am), y en la tarde (4:30); con una duración de 5 minutos cada riego todos los días durante todo el ciclo de la planta desde el trasplante hasta la cosecha. Se aplicó como

fertilización la solución nutritiva de Steiner comprendiendo las concentraciones indicadas en el **Cuadro 2**, a su vez diluida al 25% en la primera etapa que conformaba de 1-4 semanas y la segunda etapa fue diluida al 50% de la semana 5-8, en un tambo de agua de 200 litros de capacidad.

Tratamientos.

Se aplicó el selenio en tres formas como selenio iónico, quitosán poliácido acrílico más selenio, quitosán poliácido acrílico y un testigo; haciendo aplicaciones durante 8 semanas cada inicio de semana aplicando en el tallo la dosis correspondiente a cada tratamiento con probeta graduada (**Cuadro 3**) y se acomodaron las unidades experimentales como lo ilustra la **Figura 1**.

Cuadro 2. Detalles de la concentración de la solución nutritiva Steiner en un contenedor de 200 litros de agua.

Macronutrientes	Fase vegetativa	Fase productiva
Fertilizante	25%	50%
KH_2PO_4	10.55 g	21.1 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	60.9 g	212.8 g
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	53 g	106 g
KNO_3	3.6 g	7.2 g
K_2SO_4	17.4 g	34.8 g

Micronutrientes	Fase vegetativa	Fase productiva
Fertilizante	25%	50%
Ultrasol	2.5 g	5 g
H_2PO_4	25ml	25ml

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos.

SEMANAS

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8
SeO ₂	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml
Qs-PAA+Se	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml
Qs-PAA	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml	12.5 ml
Testigo	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O



Figura 1. Distribución y arreglo topográfico de las unidades experimentales en el invernadero.

Muestreo.

Fue un muestreo completamente al azar tomando 5 plántulas a los 60 días después de siembra por cada tratamiento que se trabajó en el experimento para el análisis bioquímico y las variables agronómicas.

Variables que evaluar.

Se evaluaron las variables de peso fresco de cabeza, peso fresco de hojas, peso fresco totales, número de hojas, peso seco, diámetro polar, diámetro ecuatorial, fenoles totales, proteína, catalasa, glutatión peroxidasa y selenio iónico.

Peso fresco de cabeza.

El muestreo se llevó a cabo a los 60 DDS destinando 5 cabezas de lechuga por tratamiento y el testigo para el análisis de acumulación de peso obteniéndose en una balanza digital marca OHAUS® y se registró el peso fresco de cada cabeza.

Peso fresco de hojas.

Se realizó a los 60 DDS, se pesaron todas las hojas de la lechuga óptimas para el consumo humano y se destinaron 5 lechugas por tratamiento y el testigo para analizar la acumulación de peso obtenido en una balanza digital marca OHAUS® y se registró el peso fresco de hojas.

Número de hojas.

Se realizó un muestreo utilizando 5 muestras de cada tratamiento y el testigo despegando todas las hojas para poder tener más concreto el número de cada una de las hojas que tenía cada lechuga y se registró el número de hojas obtenidas de cada lechuga que se trató.

Peso fresco total.

En esta evaluación se realizó 60 días después de la cosecha, se destinaron 5 plantas por tratamiento y el testigo primero las plántulas fueron divididas por órganos; tallo, raíz y hojas se pesaron utilizando una balanza digital marca OHAUS® y se registró el peso fresco.

Peso seco.

En esta práctica se utilizaron 5 muestras de cada tratamiento y el testigo poniéndolas en una bolsa de papel estraza todos los órganos de la planta; raíz, tallo y hojas en un horno de secado por 24 horas a una temperatura de 80°C, una vez que perdieron toda la humedad se volvieron a pesar para registrar el peso seco.

Diámetro polar.

En esta evaluación se utilizó un calibrador vernier para poder medir las lechugas utilizando las respectivas 5 muestras de cada tratamiento y el testigo para poder registrar las medidas en centímetros de un punto polar de la lechuga al otro.

Diámetro ecuatorial.

Se realizó un muestreo utilizando 5 muestras, medidas con un calibrador vernier para obtener en centímetros las medidas de cada una de las muestras y obteniendo el grosor de cada una de las lechugas.

Fenoles totales.

Para esta variable a evaluar la extracción de compuestos fenólicos totales se utilizaron 5 muestras de cada tratamiento y el testigo se tomaron 200 mg de muestra liofilizada y macerada y se le agregó 1 ml de solución agua-acetona 1:1, se centrifugó a 10000 rpm a 4°C durante 10 min y se extrajo el sobrenadante para iniciar la reacción; utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu, se colocó en un tubo de ensayo 50 µL del extracto, 200 µL del reactivo Folin-Ciocalteu 1 M, 500 µL de Na₂CO₃ al 20% (P/V) y 5 ml de agua destilada, como lo describe en el cuadro 4 ;posteriormente se dejó incubar a 45°C durante 30 minutos. Las muestras fueron leídas con el espectrofotómetro a una longitud de onda de 750 nm y se registraron los resultados.

Proteínas.

Extracto proteico

Para realizar la extracción del extracto proteico, se realizó el muestreo de hojas de lechuga y se colocaron en un congelador a -20°C durante 48 horas; una vez congeladas por completo, las muestras fueron liofilizadas y maceradas. Para realizar la extracción se tomaron de 100 a 200 mg de muestra pulverizada, se colocaron en un tubo Eppendorf® y se les agregó en 10% de su peso de polivinilpirrolidona (PVP). Se les aplicó 1.5 ml de buffer de fosfatos con un pH de 7 – 7.2, se homogeneizaron en vórtex por 20 segundos cada muestra y se centrifugaron a 10000 rpm a 4°C durante 10 minutos.

Proteínas totales.

Se utilizó la técnica colorimétrica de Bradford (Bradford, 1976) para la cuantificación de proteínas. Se extrajeron 100 μL del sobrenadante y se colocaron en un tubo de ensayo; se le agregaron 5 ml de azul brillante de Coomassie G-250 de Sigma Aldrich® solución previamente preparada con 100 mg del reactivo diluidos en 50 ml de etanol, agregando 100 ml de ácido sulfúrico al 85% (P/V) y aforando ésta solución a 1 L. Las muestras fueron analizadas dentro de 5 minutos después de realizar la reacción con un espectrofotómetro a una longitud de onda de 595 nm; se registraron los resultados y se extrapolaron con una curva de calibración con albúmina sérica bovina obteniendo los resultados en mg L^{-1} .

Catalasa

La actividad de la catalasa fue cuantificada mediante espectrofotometría. Se llevó a cabo midiendo 2 tiempos de reacción, tiempo 0 (T0) y tiempo 1 (T1). La mezcla de reacción para el blanco se preparó agregando 0.1 mL del extracto de biomoléculas, 1 mL de buffer de fosfatos pH 7.2 y 0.4 mL de H_2SO_4 al 5%, y la mezcla de reacción para el T0 se preparó agregando 0.1 mL de extracto de biomoléculas, 1 mL de H_2O 2 100 Mm e inmediatamente después se añadieron 0.5 mL de H_2SO_4 al 5%, del mismo modo sucedió para el T1, salvo que la aplicación de los 0.5 mL de H_2SO_4 al 5% fue

aplicado después de 1 minuto de reacción entre el extracto y el peróxido. La reacción se efectuó a una temperatura de 20 °C bajo agitación constante. Finalmente se leyó a 270 nm en el espectro de UV-Vis el consumo de H₂O₂. Las unidades de la actividad (UI) fueron expresadas en mM H₂O₂ min⁻¹ / proteínas totales.

Glutación Peroxidasa

Se realizó mediante el método de XUE et al. (2001) usando H₂O₂ como sustrato. Se colocaron 0.2 mL del extracto de biomoléculas en un tubo de ensaye más 0.4 mL de glutación reducido 0.1 M y 0.2 mL de Na₂HPO₄ 0.067 M. Esta mezcla fue pre-calentada en baño de agua a 25 °C por 5 minutos, posteriormente se le agregaron 0.2 mL de H₂O₂ 1.3 mM para iniciar la reacción catalítica. Se dejó reaccionar por 10 min. y fue detenida mediante la adición de 1 mL de ácido tricloro acético al 1%. Esta mezcla de reacción fue puesta en baño de hielo por 30 min. Enseguida la mezcla se centrifugó a 3000 RPM por 10 min. Se tomaron 0.48 mL del sobrenadante y se colocaron un tubo de ensaye, se le agregaron 2.2 mL de Na₂HPO₄ 0.32 M y 0.32 mL de una solución 1 mM del colorante ácido 5,5 ditio-bis-2-nitro benzoico (DTNB). Se leyó en un espectrofotómetro UV-VIS a 412 nm. Las unidades de la actividad (UI) fueron expresadas en mM glutación min⁻¹ / proteínas totales.

Selenio

Para extraer el selenio iónico se tiene que pesar 1 g de muestra fresca ó 0.5 de muestra seca en un vaso de precipitados de 100 mL, agregar 30 mL de HNO₃ concentrado luego tapar el vaso con un vidrio de reloj y digerir por aproximadamente 4 horas hasta la desintegración de la materia orgánica. Evitar que llegue a sequedad la muestra y completar el volumen del ácido que se necesite (hasta 30 ml) después cuando la solución esté completamente transparente, aunque tenga color, se deja enfriar y se filtra en papel filtro Whatman No. 42 en seguida aforar en un matraz volumétrico de 50 mL con agua desionizada. La solución resultante se mete en el ICP para determinar la cantidad del metal presente en las semillas o plantas. No olvidar preparar un blanco de la misma manera, pero omitiendo la muestra.

Análisis de datos.

Los datos fueron analizados con Infostat. en un diseño completamente al azar mediante un análisis de comparación de medias y se realizó una comparación de medias de LSD, con un nivel de significancia 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables de productividad

Peso fresco de cabeza

En la variable de peso de cabeza, No hay diferencia significativa. Ya que los tres tratamientos son iguales al testigo.

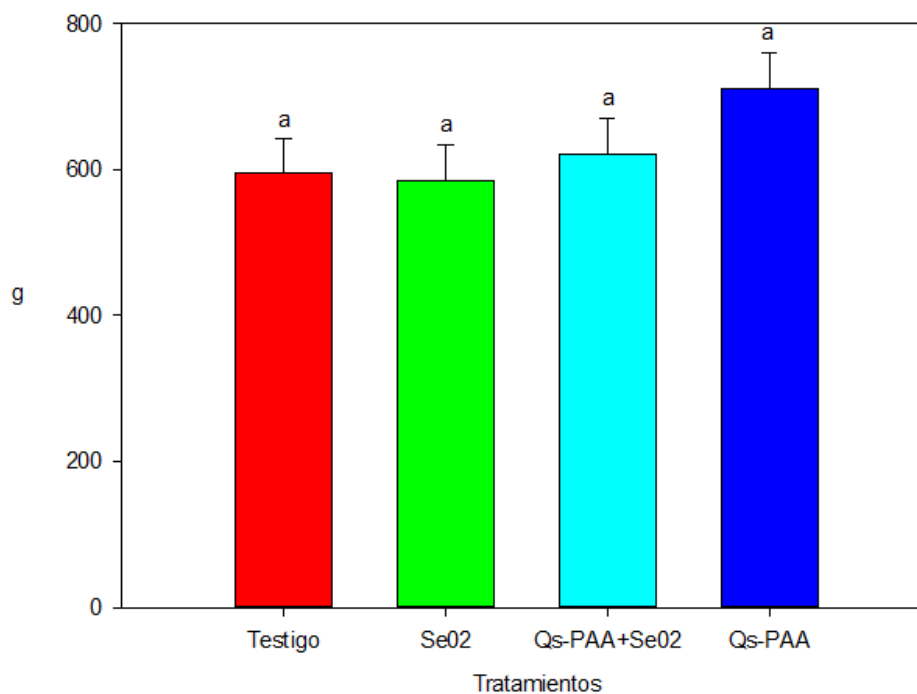


Figura 2. Comparación de medias LSD($\alpha=0.05$) de los diferentes tratamientos de la variable de peso de cabeza. Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

Peso fresco de hoja

En la variable de peso fresco de hoja, no hay diferencia significativa, ya que todos los tratamientos son iguales al testigo. (López-Gutiérrez, 2015) mencionan resultados similares aplicando Se en tomate, obteniendo resultados satisfactorios en cuestión de los antioxidantes pero en el peso de hoja no hubo diferencia en cuanto al testigo.

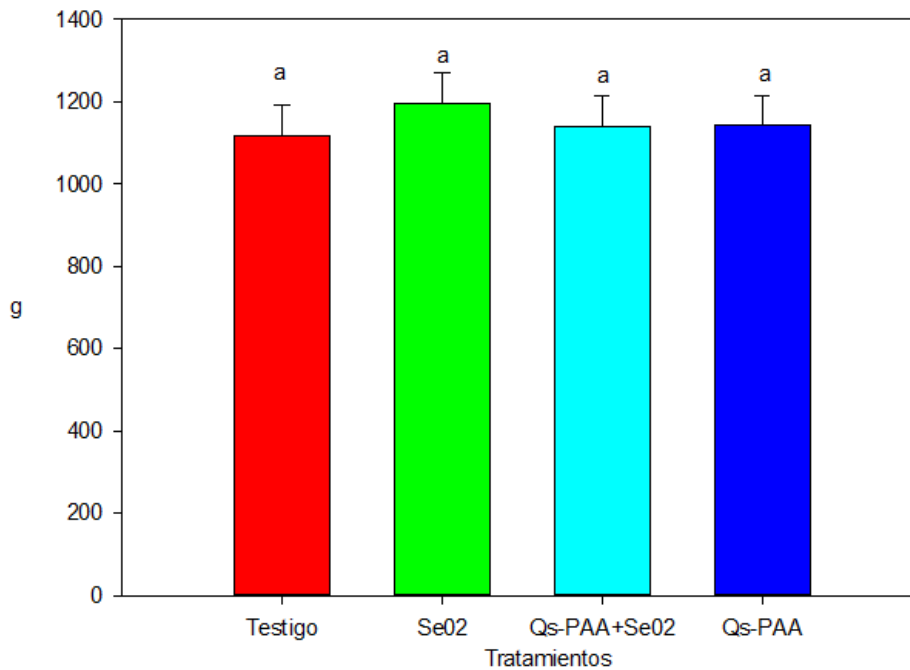


Figura 3: Comparación de medias LSD ($\alpha=0.05$) de los diferentes tratamientos de la variable de peso fresco de hoja. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Peso fresco total

En la Variable de peso fresco total, no hay diferencia significativa, ya que todos los tratamientos son iguales al testigo.

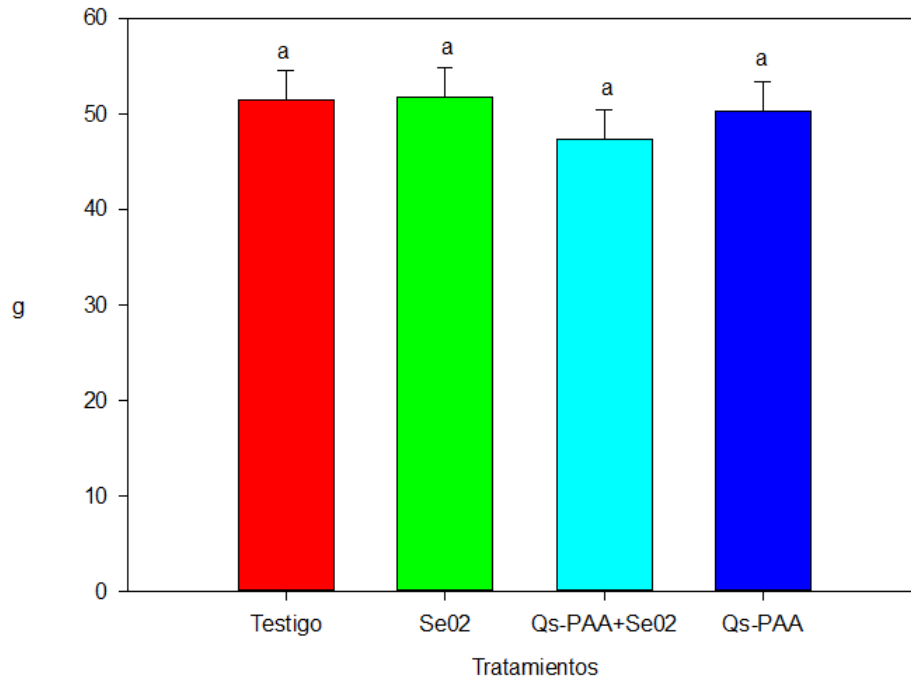


Figura 4: Comparación de medias LSD ($\alpha=0.05$) de los diferentes tratamientos de la variable de peso fresco total. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Número de hojas

En la variable de número de hojas, No hay diferencia significativa, ya que todos los tratamientos.

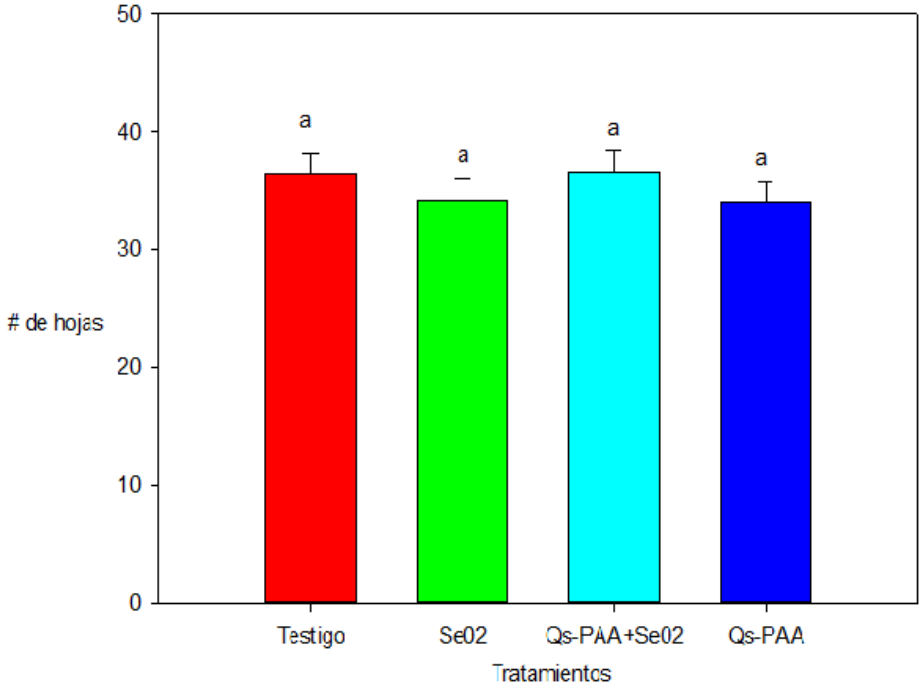


Figura 5: Comparación de medias LSD ($\alpha=0.05$) de los diferentes tratamientos de las variables de número de hoja. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Peso seco

En la variable de peso seco, No hay diferencia significativa, ya que todos los tratamientos son iguales al testigo.

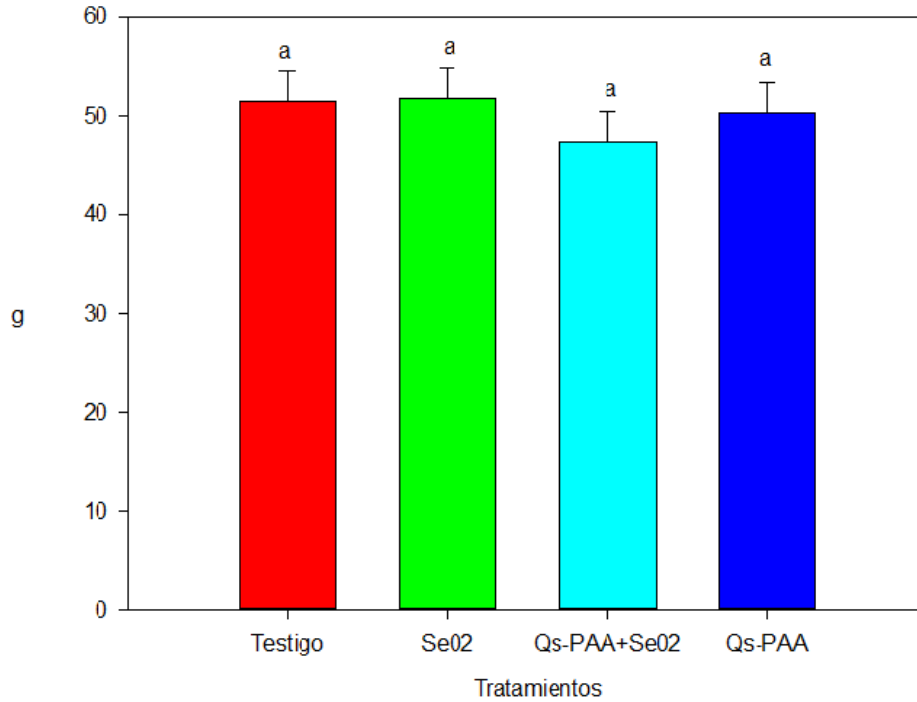


Figura 6: Comparación de medias LSD ($\alpha=0.05$) de los diferentes tratamientos de la variable de peso seco. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Variable de Productividad.

En la variable de productividad no se pudo observar diferencia significativa en la planta de lechuga mostrando un desarrollo del cultivo similar al testigo, pero esto no quiere decir que no hubo importancia ya que el cultivo se desarrolló con buen vigor y sin ningún problema en la absorción de los nutrientes que se estuvieron administrando y en cuestión de enfermedades la planta mantuvo su desarrollo estable cuando se tenían bajas temperaturas en el invernadero. Mostrando un rendimiento aceptable comparado con (V, E, J, & C, 2014) menciona un trabajo de lechuga en macro túnel con intensos cuidados tanto en la nutrición como en enfermedades mencionando haber tenido 100 ton/ha y el rendimiento medio estimado en el experimento es de 45 ton/ha siendo buenos resultados adquiridos en el experimento.

Variables nutraceuticas

Fenoles totales

En la variable de fenoles totales, no hay diferencia significativa, ya que los tratamientos fueron igual al testigo. (Ruiz, 2008), menciona que los compuestos fenólicos son de los más importantes como antioxidantes, siendo como quelatante o como inhibidor de enzimas previniendo el estrés oxidativo compartiendo electrones junto con el sulfato para que la planta pueda absorber el selenio.

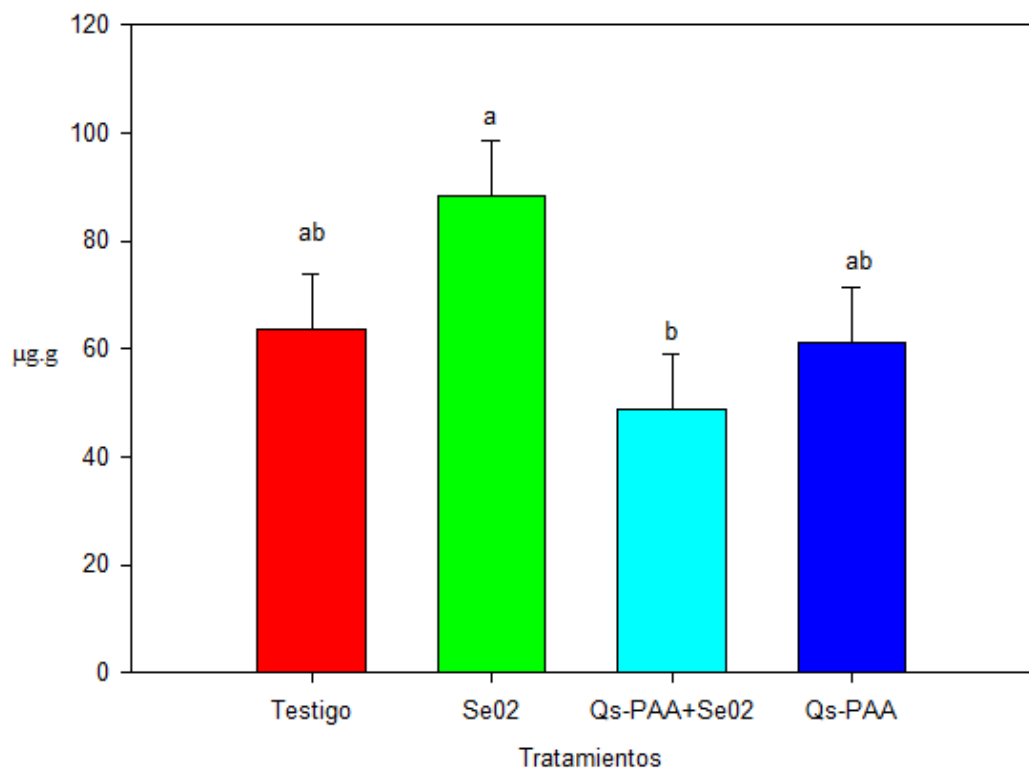


Figura 7: Comparación de medias LSD ($\alpha=0.05$) de los diferentes tratamientos de la variable fenoles totales. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Proteínas

En la Variable de proteína, no hay diferencia significativa. Ya que los tres tratamientos estuvieron igual que el testigo (Benavides-Mendoza & Rangel, 2017) cita que al aplicar selenito de sodio en la planta de tomate aumenta el contenido de proteína.

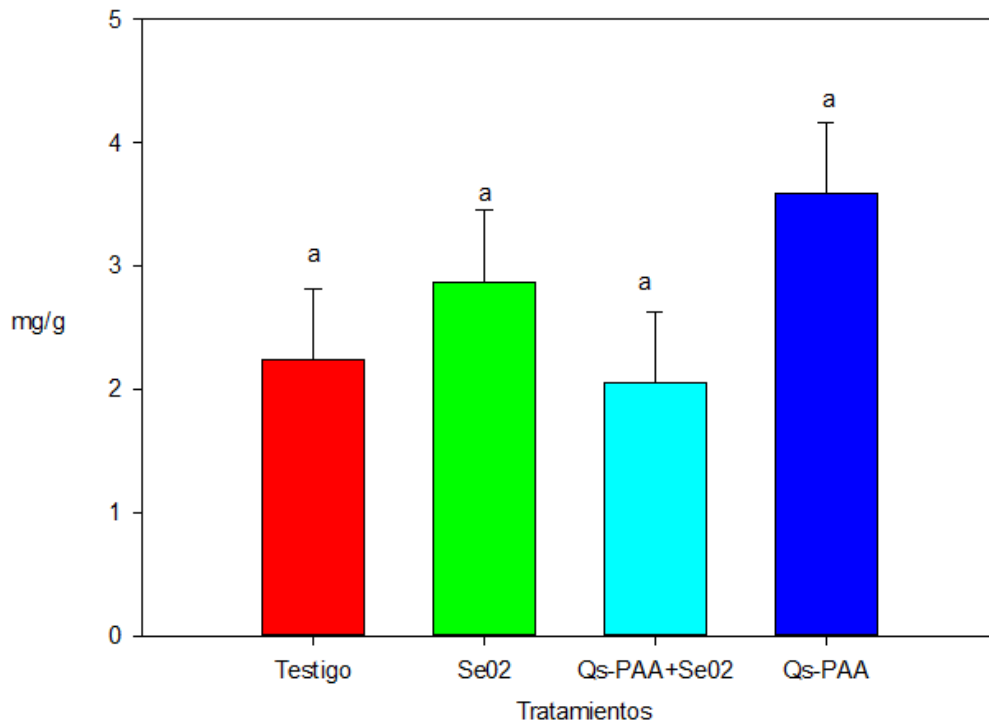


Figura 8: Comparación de medias LSD ($\alpha=0.05$) de los diferentes tratamientos de la variable proteína. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Catalasa

En la variable de catalasa, siendo el tratamiento a base de Qs-PAA + SeO₂ en el que se obtuvieron los resultados más altos superando al testigo. (López-Gutiérrez, 2015) afirma que al aplicar el selenio en forma de selenio de sodio aumenta la actividad enzimática antioxidante disminuyendo el potencial de óxido-reducción y aumentando más la cantidad de antioxidantes.

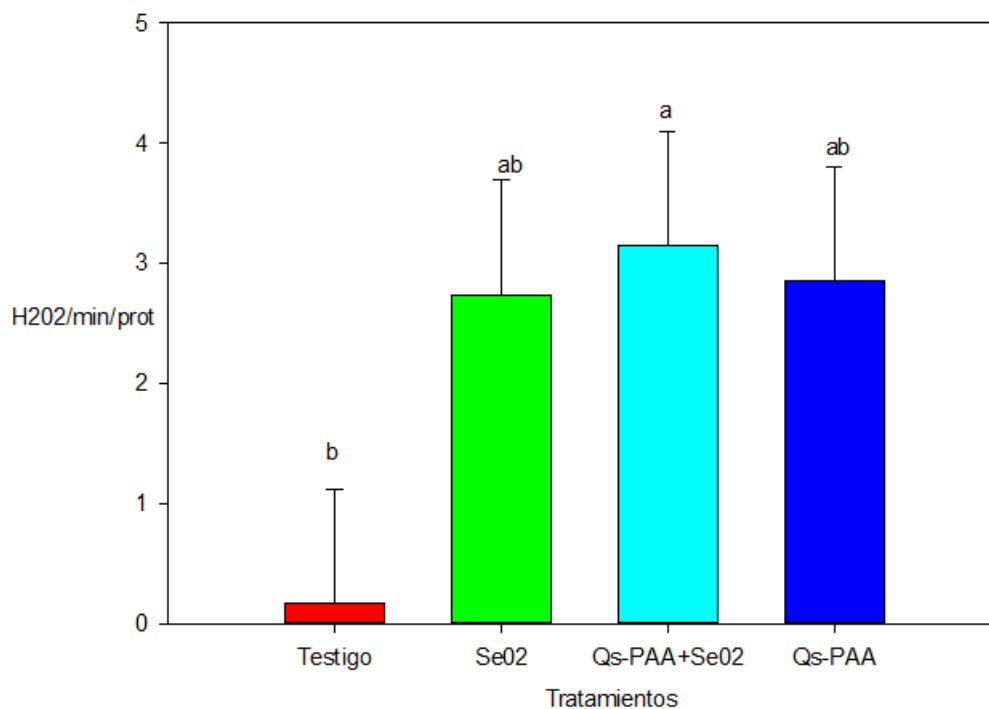


Figura 9: Comparación de medias LSD ($\alpha=0.05$) de los diferentes tratamientos de la variable catalasa. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Glutación peroxidasa

En la variable de glutación peroxidasa, si hay diferencia significativa. Ya que los tres tratamientos estuvieron superior al testigo (Ruiz, 2008) menciona que el glutación peroxidasa aportándolo en la dieta humana por medio de la lechuga sirve como mecanismo de respuesta en la salud humana previniendo de enfermedades.

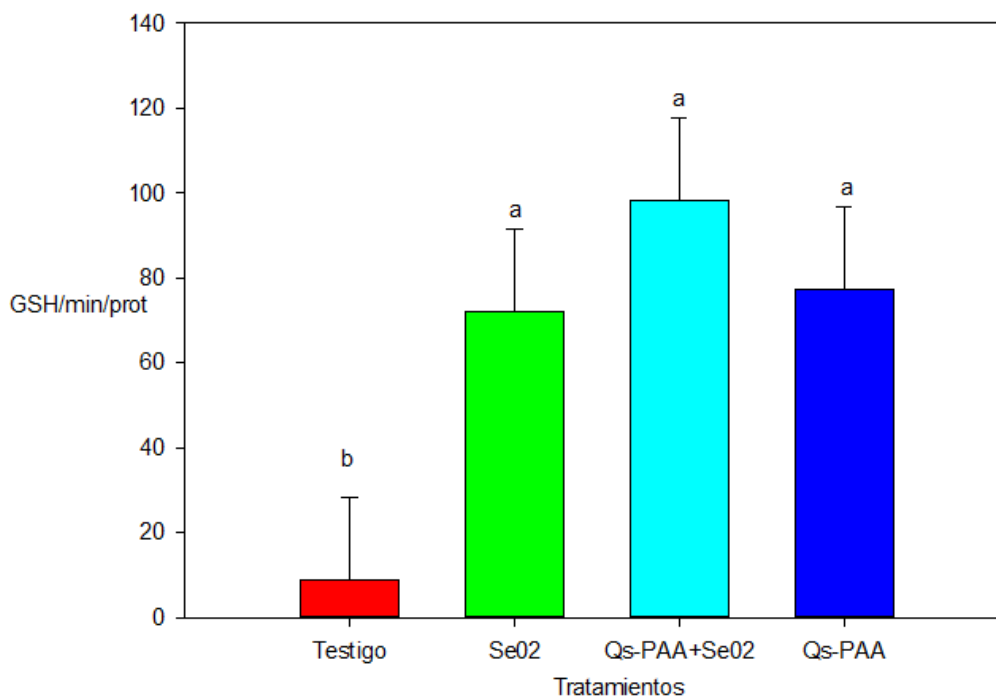


Figura 10: Comparación de medias LSD ($\alpha=0.05$) de los diferentes tratamientos de la variable glutación peroxidasa. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Selenio

En la variable de selenio iónico. Si hubo diferencia significativa ya que el tratamiento de Qs-PAA+SeO₂ muestra mayor contenido de selenio en los órganos de la lechuga que en ningún otro tratamiento esto fue a la eficiencia de absorción por medio de la planta mientras que (Ruiz, 2008) menciona que al utilizar selenito de sodio pudieron observar un antagonismo principalmente con el ion fosfato siendo el principal para que el selenio sea absorbido eficazmente por la planta.

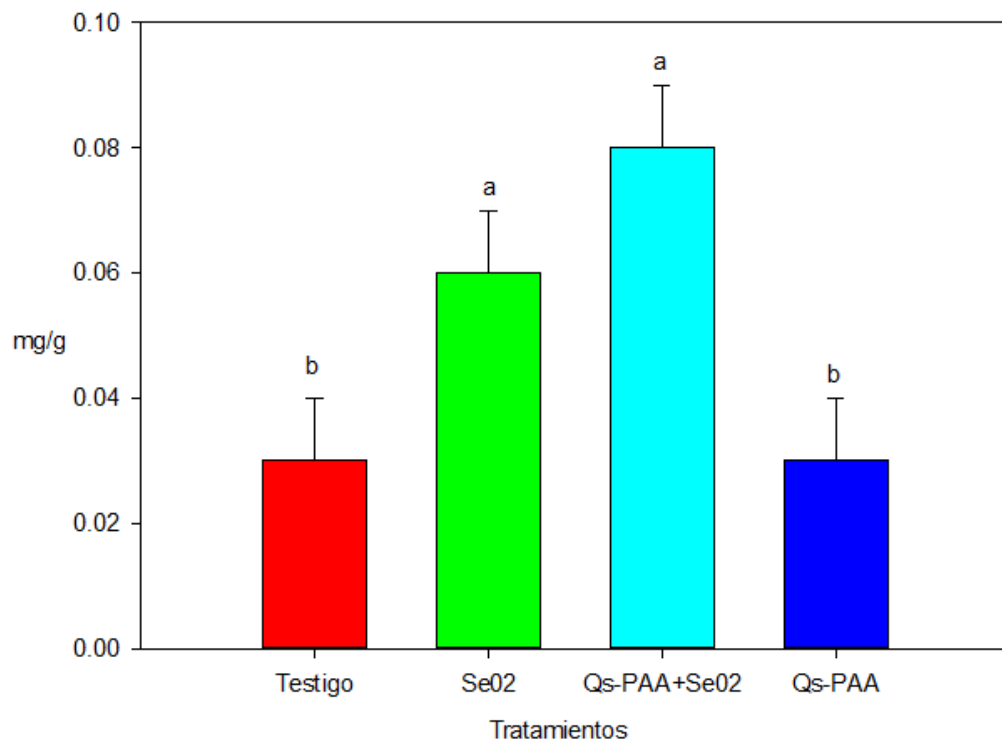


Figura 11: Comparación de medias LSD ($\alpha=0.05$) de los diferentes tratamientos de la variable de selenio iónico. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Variables de calidad nutracéutica

Fenoles Totales

En esta variable se obtuvieron resultados iguales al testigo pero sin en cambio (Ruiz, 2008) menciona que al aplicar SeO_2 (selenato y selenito) en cantidades de 120 μm incrementa la cantidad de fenoles totales en la planta de lechuga en comparación a la dosis de 5 μm .

Proteínas

En esta variable no hubo diferencia significativa en comparación con el testigo. No aumentó la cantidad de proteína, sin embargo (Sánchez, Siliquini, Gili, Baudino, & Morazzo, 2012) menciona en un experimento aplicando estiércol compostado más 60 kg/ha de urea aumenta la cantidad de proteína aportando por cada 100 g de lechuga fresca consumida se aportaría aproximadamente 1.6 g de proteína.

Catalasa

En esta variable se pudo observar una alta actividad de la enzima, aumentando la cantidad de antioxidantes en los tres tratamientos superando por mucho al testigo. Esto confirma que al aplicar el selenio iónico con complejos de quitosán-poliácido acrílico se obtuvo un aumento significativo en el estado antioxidante de la planta, pero sin observar cambios en la biomasa entre los tres tratamientos. En un experimento (López-Gutiérrez, 2015) mencionan que al aplicar selenito de sodio a una dosis de 10mg/L aumenta la actividad enzimática antioxidante, previniendo enfermedades cancerígenas en el humano.

Glutación Peroxidasa.

En esta variable fue la que mayor sobresale ya que tuvo los resultados más elevados dejando por debajo al testigo a comparación de los tres tratamientos, aumentando en los órganos de la lechuga la cantidad de antioxidantes disponibles para el ser humano así aportando enzimas benéficas catalizando la reacción de oxidación de glutación. En un experimento realizado menciona que el selenio en la planta da a un aumento en la condición de antioxidantes cuando la concentración del elemento no rebase los 18 mg.kg de eso seco. También menciona que el selenio provoca una pro-oxidación al aplicar una solución mayor a 10 mg.kg resulto en una disminución del estatus antioxidante de *Lilumun perenne*(Nacional Mayor de San Marcos Perú Cisneros, 2011).

Selenio

También se encontró unos grandes aumentos del selenio en los órganos de la planta, favoreciendo la nutrición nutrimental de la lechuga previniendo a la planta del estrés oxidativo y aportando en la dieta humana una cantidad no tóxica que al comer la lechuga estará aportando el selenio y así prevenir enfermedades y el estrés oxidativo aumentando la cantidad de antioxidantes, esto está en los márgenes de consumo diario por persona según (Jaffé, 1992) menciona que la ingesta recomendada es de 70 µg.g para los hombres diariamente y 55 µg.g para las mujeres para evitar una intoxicación del selenio. En un trabajo (Hernández-Mendoza & Rios-Lugo, 2009) menciona que han llegado a la conclusión de que el selenio es un elemento esencial en la dieta humana, principalmente en la prevención de muchas enfermedades que no tienen cura definitiva, entre las que se destacan; cáncer, virus de la inmunodeficiencia humana y complicaciones cardiovasculares. También (Ramos et al., 2011) menciona que la aplicación de selenato y selenito a una dosis de 10 a 20 umol L⁻¹ presenta una diferencia significativa en los órganos de la planta de lechuga de la variedad *Great Lakes*.

Conclusión

Se pudo concluir que el selenio fue ingresado correctamente en la planta absorbido en los complejos de Qs-PAA favoreció la calidad nutracéutica de la lechuga, la producción y la calidad comercial

No hubo un incremento en la productividad de la lechuga, pero se desarrolló sin ningún problema alguno aumentando la cantidad de antioxidantes en la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- Ana Gabriela Alvarado Martínez. (2005). Diagnóstico sobre la producción y comercialización de lechuga en el municipio de Imuris, Sonora. Retrieved April 19, 2018, from <http://gaby-tesis.blogspot.mx/2007/03/revisión-de-literatura.html>
- Benavides-mendoza, A., & Rangel, A. S. (2017). *Producción de Tomate en el Norte de México*.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1–2), 248–254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Camacho, jason gerardo vásquez. (2015). evaluación agronomica de cinco (*lactuca sativa* L.) en tres ciclos de siembra consecutivas, en san miguel de la tigua, san carlos, alajuela, C.R.
- Corporativo.net. (2012). Elementos de la Tabla Periódica - Selenio. Retrieved April 19, 2018, from http://www.corporativo.net.co/bibliotecainsa/biblioteca/contenidos/decimo/grado/pr ofundi/quim/qui_11_0001_034.htm
- Cruz, A. G. G. (2013). Lechuga (*lactuca sativa* L.) bajo diferentes densidades de poblacion y niveles de nutricion organica en la comarca launera.
- Hartikainen, H. (2005). Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. In *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* (Vol. 18, pp. 309–318). <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2005.02.009>
- Hernández-Mendoza, H., & Rios-Lugo, M. J. (2009). Rol biológico del selenio en el humano. *Química Viva*, 8(2), 64–79. Retrieved from <http://148.215.2.10/articulo.oa?id=86311783003>
- Jaffé, W. (1992). Selenio, un elemento esencial y tóxico. Datos de Latinoamérica. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 42(2), 90–93.
- Lardizabal, R.D. y Medlicott, A. P. (2010). *Compendio de Manuales de Producción de Frutas y Hortalizas*. (C. del D. del Milenio, Ed.). Honduras.
- López-Gutiérrez, M. de L. (2015). Aplicación de Selenio y su efecto en el estado antioxidante y la composición mineral de la lechuga. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263143809001>
- Nacional Mayor de San Marcos Perú Cisneros, U. (2011). Anales de la Facultad de Medicina.
- Pérez, L. A. G., & Adan Zepeda López. (2013). RENDIMIENTO DE CINCO VARIEDADES DE LECHUGA *Lactuca sativa* L. TIPO GOURMET CICLO PRIMAVERA-VERANO. Retrieved from <http://ninive.uaslp.mx/jspui/bitstream/i/3477/1/IAF1GOU01301.pdf>
- Ramos, J., Almeida, J. De, William, F., Roberto, L., Bastos, A., Elisa, C., ... Alfaced, C. D. E. (2011). MINERAL E BIOFORTIFICAÇÃO COM SELÊNIO EM.
- Ruiz, J. J. R. (2008). *Biofortificación con Se en plantas de lechuga: Estudio de la producción, calidad y estado nutrimental*.
- Sánchez, T. M., Siliquini, O. A., Gili, A. A., Baudino, E. M., & Morazzo, G. C. (2012). Contenido De Nitratos Y Proteína En Lechuga Crespa Y Amaranto Hortícola Producidos Con Enmienda Y Urea. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XVIII(2), 217–226. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.02.027>
- Schiavon, M., Berto, C., Malagoli, M., Trentin, A., Sambo, P., Dall'Acqua, S., & Pilon-

- Smits, E. A. H. (2016). Selenium Biofortification in Radish Enhances Nutritional Quality via Accumulation of Methyl-Selenocysteine and Promotion of Transcripts and Metabolites Related to Glucosinolates, Phenolics, and Amino Acids. *Frontiers in Plant Science*, 7(September), 1371. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01371>
- Schwarz, K., & Foltz, C. M. (1957). Selenium as an Integral Part of Factor 3 Against Dietary Necrotic Liver Degeneration. *Journal of the American Chemical Society*, 79(12), 3292–3293. <https://doi.org/10.1021/ja01569a087>
- Smoleń, S., Skoczylas, Ł., Ledwożyw-Smoleń, I., Rakoczy, R., Kopeć, A., Piątkowska, E., ... Kapusta-Duch, J. (2016). Biofortification of Carrot (*Daucus carota* L.) with Iodine and Selenium in a Field Experiment. *Frontiers in Plant Science*, 7(May), Article 730. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00730>
- V, P. V., E, H. R., J, G. C., & C, C. L. (2014). PRODUCTIVIDAD DE LECHUGA *Lactuca sativa* EN CONDICIONES DE MACROTÚNEL EN SUELO Vitric haplustands PRODUCTIVITY OF LETTUCE *Lactuca sativa* IN HIGH TUNNEL CONDITIONS ON Vitric haplustands SOIL. *Revista De Ciencias Agrícolas*, 31(2), 93–105. <https://doi.org/10.22267/rcia.143102.34>