Mejoradores de suelo en su calidad química, estado fenológico, nutricional y rendimiento del cultivo del apio

(*Apium graveolens* L.)

open access

OmniaScience

Fidel Núñez-Ramírez
Juan Antonio Soto-González
Samuel Samaniego-Gámez
Raul Enrique Valle Gough
Juan Carlos Vázquez-Angulo
Blancka Yesenia Samaniego-Gámez
Aurelia Mendoza-Gómez
Ariana Isabel Torres-Bojórquez
Isabel Escobosa-García
Isidro Bazante-González
Ángel Manuel Suarez Hernández

Mejoradores de suelo en su calidad química, estado fenológico nutricional y rendimiento del cultivo de apio (*Apium graveolens* L.)

Fidel Núñez-Ramírez
Juan Antonio Soto-González
Samuel Samaniego-Gámez
Raul Enrique Valle Gough
Juan Carlos Vázquez-Angulo
Blancka Yesenia Samaniego-Gámez
Aurelia Mendoza-Gómez
Ariana Isabel Torres-Bojórquez
Isabel Escobosa-García
Isidro Bazante-González
Ángel Manuel Suarez Hernández

OmniaScience

Mejoradores de suelo en su calidad química, estado fenológico nutricional y rendimiento del cultivo de apio (*Apium graveolens* L.)

Autores:

Fidel Núñez-Ramírez, Juan Antonio Soto-González , Samuel Samaniego-Gámez, Raul Enrique Valle Gough, Juan Carlos Vázquez-Angulo, Blancka Yesenia Samaniego-Gámez, Aurelia Mendoza-Gómez, Ariana Isabel Torres-Bojórquez, Isabel Escobosa-García, Isidro Bazante-González, Ángel Manuel Suarez Hernández

Universidad Autónoma de Baja California, México

ISBN: 978-84-123480-4-0

DOI: https://doi.org/10.3926/oms.410

© OmniaScience (Omnia Publisher SL), Terrassa, Barcelona, España, 2022

© Diseño de cubierta: OmniaScience

© Imágenes de cubierta: Autores

OmniaScience no se hace responsable de la información contenida en este libro y no aceptará ninguna responsabilidad legal por los errores u omisiones que puedan existir.

ÍNDICE

Índice de cuadros V
Índice de figuras VII
Resumen IX
Abstract XI

Capítulo 1. Introducción 1

Capítulo 2. Revisión de literatura 3
2.1. Descripción botánica del cultivo de Apio 3
2.2. Producción de apio en el noroeste de México. 4
2.3. Mejoradores de suelo en cultivos hortícolas 4
2.4. El análisis de suelo como indicador de su calidad. 7
2.5. La utilización del análisis de extracto celular de peciolo 8

Capítulo 3. Justificación 11

Capítulo 4. Planteamiento de hipótesis. 13
4.1. Hipótesis nula 13
4.2. Hipótesis alterna 13

Capítulo 5. Objetivos. 15
5.1. Objetivo general 15
5.1.1. Objetivos específicos 15

Capítulo 6. Materiales y métodos 17
6.1. Ubicación del estudio y condiciones ambientales 17

6.2. Logística del experimento 17
6.3. Establecimiento y topología del cultivo 18
6.4. Fertilización y riegos 18
6.5. Malezas y plagas 19
6.6. Muestreo de suelo 19
6.7. Aplicación de los tratamientos 19
6.8. Variables de medición 20
6.8.1. Ancho del cuello 20
6.8.2. Ancho de tallo 20
6.8.3. Número de hojas 20
6.8.4. Altura 20
6.8.5. Análisis nutrimental 20
6.8.6. Rendimiento 21
6.9. Análisis estadístico 21

Capítulo 7. Resultados y discusión 23
7.1. Salinidad del suelo y reacción del suelo. 23
7.2. Aniones y cationes 26
7.3. Crecimiento y desarrollo. 28
7.4. Estado nutrimental 30
7.5. Rendimiento 32

Capítulo 8. Conclusiones 35

Capítulo 9. Referencias bibliográficas 37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Nombre, composición y referencia de los materiales utilizados durante el experimento. 34

Cuadro 2. Concentración catiónica al inicio y al final de los tratamientos (20 cm). 46

Cuadro 3. Efecto de RAS y PSI de la profundidad de 20 cm al inicio y final del ciclo. 46

Cuadro 4. Rendimiento comercial y rezaga del cultivo de apio por el efecto de la aplicación de mejoradores de suelo. 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en la conductividad eléctrica de la solución del suelo a profundidades 0 – 20, 20 – 50 y 50 – 100 cm de cada tratamiento. 42

Figura 2. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en el pH de la solución del suelo a profundidades 0 – 20, 20 – 50 y 50 – 100 cm de cada tratamiento. 43

Figura 3. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en las concentraciones aniónicas de las profundidades 0 -20 cm de cada tratamiento.. 44

Figura 4. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en las concentraciones de cationes a profundidad 0 -20 cm de cada tratamiento. 45

Figura 5. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en el crecimiento y desarrollo del cultivo de apio. 47

Figura 6. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en el estado nutrimental del cultivo de apio.. 48

Figura 7. Efecto de la aplicación de mejorador de suelo en índice SPAD. 49

Figura 8. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en la biomasa fresca del cultivo de apio. 50

Figura 9. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en la biomasa seca del cultivo de apio. 50

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar tres mejoradores de suelo sobre la salinidad del suelo, crecimiento, estado nutricional, índice SPAD y rendimiento en el cultivo de apio (*Apium graveolens* L. var. Dulce (Mill.) Pers). Se evaluaron cuatro tratamientos (T1; testigo, T2; Hortical, T3; Yesozul y T4; ArraSal). Antes del trasplante y al final del ciclo del cultivo, se determinó la conductividad eléctrica (CE; dS/m) potencial hidrogeno (pH), aniones y cationes. Durante el experimento se midió el ancho de cuello, ancho de tallo, número de hojas y altura de planta. Se determinaron las concentraciones nutrimentales de nitratos, potasio, calcio, sodio y se determinó el índice SPAD. El tratamiento Yesozul demostró reducir la CE del suelo, mientras que testigo y ArraSal solo tuvieron una reducción de la CE en los primeros 20 cm ($P < 0.05$). Yesozul y Hortical tuvieron una reducción del pH del suelo solo a los 50 cm de profundidad ($P < 0.05$). La concentración de aniones no se diferenció significativamente ($P > 0.05$) entre los tratamientos evaluados. Se observó una reducción del catión Mg^{+} de 6.1 Meq/100 gr de suelo con el tratamiento ArraSal seguido por Hortical con 3.2 meq, Yesozul 1.5 y el testigo con 0.1 meq ($P < 0.05$). Yesozul presentó un mayor ancho de cuello a partir de los 62 DDT y hasta los 90 DDT. Arrasal alcanzó un mayor valor de ancho de tallo a los 90 DDT ($P < 0 .05$). Arrasal y Yesozul fueron los tratamientos con mayor número de hojas que Hortical y el Testigo ($P < 0.05$). Arrasal y el Testigo tuvieron una mayor concentración de potasio a los 90 DDT ($P < 0.05$). Arrasal y Yesozul fueron los tratamientos que demostraron valor SPAD ($P < 0.05$) que el resto de los tratamientos. No se encontró efecto a los tratamientos en el rendimiento del cultivo ($P > 0.05$).

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate three soil amendments on soil salinity, growth, nutrition, SPAD index, and yield of celery (*Apium graveolens* L. var. Dulce (Mill) Pers.). Four treatments were evaluated (T1; control, T2; Hortical, T3; Yesosul, and T4; ArraSal). Before transplanting and at the endo of the crop growth cycle, soil electric conductivity (EC;dS/m), hydrogen potential (pH), and cations and anions were determined. During the experiment the width of the stalks, width of the stem, leaf number, and plant height were measured. Nutritional concentrations of nitrates, potassium, calcium, sodium were determined along with the SPAD index. Yesozul treatment showed to reduce the soil EC, while the control and ArraSal treatments only had a reduction within the 20 cm soil profile ($P < 0.05$). Yesozul and Hortical showed a pH decrease only at the 50 cm soil depth ($P < 0.05$). Anions concentrations were not different ($P > 0.05$) across treatments. It was recorded a reduction on the cation Mg^{+} from 6.1 Meq/100 g of soil for the treatment ArraSal, followed by Hortical, with 3.2 Meq/100 g of soil; Yesozul and the control treatments had 0.1 Meq/100 g of soil ($P < 0.05$). Yesozul recorded a wider stalks width from 62 days after transplant (DAT) ($P < 0.05$) until 90 DAT. ArraSal and Yesozul were the treatments that showed the highest leaf number than Hortical and the control ($P < 0.05$). ArraSal and the control showed a larger potassium concentration at 90 DAT ($P < 0.05$). ArraSal and Yesozul were the treatments that recorded higher SPAD index ($P < 0.05$) than the other treatments. No treatment effect was found on crop yields ($P > 0.05$).

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

El potencial de rendimiento de los cultivos depende principalmente del nivel de tecnología empleado, desarrollo de variedades, aplicación de fertilizantes, manejo de plagas y enfermedades y control y manejo del agua de riego. En este sentido, uno de los aspectos más importantes para obtener altos rendimientos en la producción de apio en zonas del valle de San Luis Río Colorado, Sonora, con problemas de salinidad, podrían ser: el empleo de mejoradores de suelo.

La utilización de mejoradores de suelo, tienen la ventaja de optimizar todos los recursos y ahorrar insumos como fertilizantes y agua, los cuales son importantes para la producción, a la vez que incrementa los rendimientos y la calidad de las cosechas, de ahí la importancia de evaluarlos y considerar su utilización para cada condición de clima, suelo y cultivo. La presente tesis considera la evaluación de cuatro mejoradores de suelo sobre la calidad química del suelo, el crecimiento, estado nutrimental y rendimiento del cultivo de apio.

Capítulo 2

REVISIÓN LITERARIA

2.1. Descripción botánica del cultivo de Apio

El apio es originario de la cuenca del Mediterráneo. Plantas autógamas de porte erecto o ascendente y de hasta 1,5 m de altura, lampiñas, con la raíz primaria fusiforme o tuberiforme y el tallo fistuoso y muy ramificado. Hojas imparipinnadas, oblongadas u obovadas. Foliolos 5-7 por hoja, peciolulados, ovados o suborbiculares y con el borde dentado. Flores con pedicelos de 2-5 mm en umbelas opositifolias sésiles o con pedúnculos de hasta 2 cm. Pétalos blancos o verdosos y de unos 0,5 × 0,5 mm; semillas aristadas (Agroes.es, sf).

Dentro de la especie Apium graveolens L. se diferencian tres variedades botánicas (Agroes.es, sf): a) *Apium graveolens* L. var dulce Pers., también llamado apio de penca o acostillado. Este tipo de apio es utilizado para su uso en fresco en ensaladas y también para formar parte de hervidos o dar sabor a los caldos; a) *Apium graveolens* L. var rapaceum D.C., llamado también como apio-nabo o apio-rábano. Esta planta de apio es una variedad que se aprovecha por su hinchamiento globoso de forma carnosa de las raíces, es muy parecido a los rábanos *(Raphanus sativus),* pero de color blanco; c) el tercer tipo de apio es el *apium graveolens* L. var secalinum Aref. Son apios de pecíolos huecos que se utilizan para guisos (Agroes.es, sf).

Al apio se le han descubierto usos como antiespasmódico, afrodisiaco, laxante, diurético, estimulante y a veces tóxico (Sufiyan & Singla, 2012). El apio contiene 2% de compuestos volátiles, limonina y selinina en 60 y 20% respectivamente; adicionalmente contiene 15% de aceites grasos (Sowbhagya, 2014). Incluso se le ha encontrado utilidad como repelente de algunos insectos plagas en la agricultura, los que incluyen *Tribolium castaneum, Lasioderma serricorne* y *Liposcelis bostrychophila* (Xiao-jie et al., 2021). En la antigüedad el apio era utilizado por sus propiedades curativas y depuradoras de la sangre. Actualmente se consume en fresco, en polvo y como pastas y conservas.

La planta de apio pertenece a la familia de las umbiliferas, las cuáles se cultivan con el objetivo de aprovechar las hojas y tallos. El nombre científico es *Apium graveolens* L. var. Dulce (Mill.) Pers.; Clase *Dicotyledonae*. Tiene floración completa y puede ser polinizada por el viento o insectos (autopolinización y polinización cruzada); (Castaños, 1993).

2.2. Producción de apio en el noroeste de México

El cultivo del apio ha sido explotado de manera reciente durante los últimos 10 años en México. Reportes de la Secretaría de Agricultura Recursos Naturales, Pesca y Alimentación (SIAP, 2015) mencionan que en el año 2000 se produjeron en el país 13, 610 toneladas de apio; mientras que para el 2010, la cifra aumentó a 18, 879 toneladas, siendo Sonora, Baja California y Puebla los principales estado productores (CINCOPORDIA, 2011).

Por su parte el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM) indica que durante el año 2015, se exportaron a Estados Unidos alrededor de 19,178 toneladas. Lo anterior significaría un incremento de 41% en 15 años con una tasa anual de crecimiento en la producción de 60 toneladas por año. Además, registra un precio promedio de 4.86 a 10.39 dólares por kilogramo de apio fresco.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales menciona que durante el año agrícola 2016-2017 se plantaron 2.83 hectáreas con un rendimiento de 30.02 toneladas ha^{-1}; En el Valle de San Luis Río Colorado Sonora, la superficie establecida fue de 114.17 hectáreas, con un rendimiento promedio de 88.10 toneladas ha^{-1} (Estadísticas Agrícolas de las Unidades de Riego, 2018).

2.3. Mejoradores de suelo en cultivos hortícolas

La salinidad es una condición de exceso de sales, tanto en el suelo como en el agua, las cuales afectan las plantas por incremento de la presión osmótica en la solución del suelo, interfiere en la absorción de los nutrientes e induce toxicidad de los iones específicos y un desbalance nutricional, siendo esta la primera causa de la mortalidad de las pantas desarrolladas en suelos con altos niveles de sales (Subbarao et al., 1991).

Los mejoradores de suelo son materiales de diferente naturaleza que sirven para ayudar al suelo a desempeñar más eficientemente sus funciones de anclaje de plantas, suministro de agua, nutrimentos y oxígeno a las raíces, proporcionar una temperatura adecuada para el crecimiento vegetal y/o estar libre de problemas de sales, iones tóxicos, parásitos o patógenos. Todo esto en relación a las necesidades específicas del cultivo que se va a establecer y al problema que presente el suelo en cuestión.

Los mejoradores químicos, son sustancias capases de reemplazar el sodio intercambiable por el calcio a través de la acción directa o indirecta de los procesos biológicos o químicos (Gupta & Abrol, 1990). La elección de los mejoradores depende de la disponibilidad, costo y efectividad. Un concepto clásico asume que los compuestos tanto de calcio como de azufre son similarmente transformados, cuando se aplican a suelos calcáreos en cantidades químicamente equivalentes, aunque el coeficiente del mejoramiento permite ser diferenciado, dependiendo de su solubilidad (Miyamoto & Enriquez, 1990).

El yeso agrícola actúa en forma importante como enmienda ya que aporta calcio a la solución. La recuperación de los suelos afectados por sales requiere de una concentración adecuada del ion calcio en la solución del suelo, que puede ser adicionada en forma directa o indirecta al suelo mediante los mejoradores. En los suelos afectados por sales general mente se presenta una alta relación Na/Ca, donde el calcio está en una proporción inadecuada con respecto al sodio, lo que se manifiesta en una repercusión en el crecimiento del cultivo, por una elevada potencia osmótico (Subbarao et al., 1991).

Dentro de los mejoradores orgánicos unos de sus principales beneficios se basan en el aumento de la permeabilidad del suelo, la liberación del CO_2 y formación de H_2CO_3, durante la respiración y descomposición, evitando la evaporación excesiva y mejorando el movimiento capilar.

La materia orgánica está representada por los residuos descompuestos de las plantas en el suelo, residuos orgánicos agregados y materiales formados por la acción de los microorganismos del suelo. Esta, representa el más confiable índice de fertilidad del suelo, contribuye a aumentar la productividad de los mismos y absorción de los nutrientes por las pantas tales como nitrógeno, fósforo y micronutrientes, que de forma directa o indirecta influyen en la nutrición de las plantas, proporcionando además nutrientes a los microorganismos del suelo.

Además, mejoran la estructura del suelo, aprovechamiento del agua, coeficiente de infiltración y en los cuales afectados por sales, contrarrestan los efectos nocivos del sodio sobre el suelo y cultivo, además constituye la fuente de energía para los microorganismos lo que induce la formación de agregados estables. Es un componente esencial para la rehabilitación intensiva de los suelos áridos y semiáridos, ya que proporciona efectos favorables en las propiedades físicas, químicas, microbiológicas y morfológicas del suelo.

Otros mejoradores químicos de gran efectividad son las sustancias acidas o formadores de acidez (ácido sulfúrico, sulfato de aluminio y hierro, pirita y azufre) los cuales son capaces de reaccionar con el carbonato de calcio presente en el suelo liberando el calcio a la solución.

Los suelos de climas áridos como los del valle de San Luis Río Colorado se caracterizan por la posibilidad de salinización, que dentro de las principales fuentes de sales que afectan a los suelos se encuentra la sobre fertilización que por no conocer las condiciones del suelo y la demanda nutricional del cultivo, ha sido sobre fertilizado, como se ha documentado en el vecino valle de Mexicali (Santillano et al., 2013). La calidad del agua de riego que se recibe del Río Colorado, la cual se caracteriza por tener una concentración de sales que alcanza en promedio las 1000 ppm, donde predominan sales fácilmente solubles (NaCl, $MgCl_2$ y $CaCl_2$) (Secretaria de Fomento Agropecuario [SEFOA][1].

Esto significa que por cada metro cúbico de agua que se aplica en el suelo durante el riego, también se incorpora en promedio un kilogramo de sal, la cual

[1] https://www.nacionmulticultural.unam.mx/empresasindigenas/docs/1856.pdf

tendrá que desplazarse fuera del perfil del suelo, de lo contrario provocará una rápida acumulación de sales y con ello también, una reducción progresiva en la capacidad productiva de los suelos (SEFOA). Por otra parte, la reacción del suelo tiende a ser alcalina, reacción que por un lado afecta la solubilidad de las sales y por el otro, la eficiencia con la que los cultivos pueden obtener los nutrientes minerales del suelo y como consecuencia la respuesta puede manifestarse en una reducción en los rendimientos.

Por lo anterior, es necesario mejorar estas condiciones del suelo mediante la adición de compuestos que propicien la mejora o acidificación del suelo, así como repongan o mejoren su estructura. Lo anterior se obtiene con la adición der productos ácidos, compuestos de calcio (Yeso) o fertilizantes con efecto residual ácido (Sulfato de amonio). Adicionalmente, debe impulsarse la utilización de herramientas como el análisis de suelos, que incluyan el dictamen de la salinidad, reacción del suelo y de la fertilidad.

2.4. El análisis de suelo como indicador de su calidad

El suelo constituye uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta, ya que es la base fundamental para la explotación agropecuaria y forestal. La producción de alimentos depende en un alto porcentaje del uso que se les dé a los suelos. El análisis de suelo indica si existen problemas que podrían limitar el crecimiento del cultivo. Estos problemas se pueden solucionar fácilmente antes de la siembra, pero una vez establecido el cultivo su control es más difícil.

El uso de indicadores de la calidad del suelo puede ser una herramienta rápida para la toma de decisiones, ya que estos son sensibles al manejo en el corto, mediano y largo plazos, dependiendo de las propiedades y del suelo que se evalúe. Por ejemplo, en el caso de la textura, para percibir cambios se necesitan 1000 años; sin embargo, los cambios en la tasa de infiltración se perciben en menos de un año (Arshad & Coen, 1992). Así ocurre para un conjunto de propiedades que, bien manejadas, pueden reflejar un diagnóstico sensible de la calidad de un suelo determinado.

El suelo puede presentar problemas de sodio (Na^+) que requieren de la adición de mejoradores tales como yeso agrícola ($CaSO_4$), azufre (S) o ácido sulfúrico

($H2SO_4$); puede tener problemas de acumulación de sales que requieren lavado con agua de buena calidad o se pueden presentar condiciones de acidez que requieren adiciones de enmiendas calizas.

Por otro lado, el análisis de suelo indica los niveles de macronutrientes como nitrato (NO_3^-), fósforo (HPO_4^{-2} o $H2PO_4^-$), potasio (K^+), magnesio (Mg^{+2}), calcio (Ca^{+2}) y azufre (SO_4^{-2}), así como micronutrientes como hierro (Fe^{3+}), cobre (Cu^{2+}), zinc (Zn^{2+}), manganeso (Mn^{2+}) y boro (B^{3+}). Los resultados del análisis determinan si existe la necesidad de aplicar directamente al suelo (aplicación de fondo) los nutrientes que estén por abajo del nivel crítico.

Uno de los parámetros más utilizados para medir la calidad del suelo es la salinidad y los más utilizados son los relacionados con mediciones indirectas de la cantidad de sales solubles presentes, el más común es que relaciona la conductividad eléctrica (CE expresada como dS/m) con una cantidad específica de sales (1.0 dS/m =0.64 g de sal = 640 ppm) y esta clasificación a su vez, se relaciona con el efecto negativo que tienen las sales solubles sobre las plantas (Castellanos et al., 2000).

El otro parámetro considerado para clasificar los suelos por su salinidad es el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y cuyos efectos se manifiestan sobre los suelos e indirectamente sobre las plantas. El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de un suelo. El pH del suelo tiene un impacto importante sobre la absorción de nutrientes. La mayoría de los minerales están más disponibles para la planta a un pH del suelo en el rango de 6.0 a 7.0, por lo que éste es considerado el pH ideal del suelo.

Los suelos ácidos harán que algunos minerales estén menos disponibles y los suelos alcalinos también comprometerán la absorción de nutrientes. Una sobreoferta de hidrógeno (H^+) conduce a la acidez del suelo y este hidrógeno desaparece de la ecuación cuando el pH del suelo está por encima de 7 (neutro). Si se tiene un suelo de pH alto, causado por un exceso de magnesio, sodio, o ambos, entonces la fertilización foliar es una buena estrategia para evitar los bloqueos de suelo y consecuentes deficiencias en la planta. En este caso siempre es una estrategia productiva aplicar hierro, manganeso y boro foliar al menos dos veces por temporada, ya que son los minerales más afectados por los suelos de pH alto (Castellanos et al., 2000).

2.5. La utilización del análisis de extracto celular de peciolo

Usualmente el pecíolo se utiliza como órgano de diagnóstico nutrimental en plantas que se cultivan de forma intensiva. Así mismo, el nitrógeno y el potasio son los dos elementos que se diagnostican con suficiente precisión en este órgano de la planta. Sin embargo, es necesario , que se encuentren bien definidos los niveles de referencia en función de la etapa de desarrollo, etapa de siembra e incluso entre variedades. El análisis de extracto celular de peciolo, resulta herramienta de gran utilidad no importa si sólo se analiza el nitrógeno y el potasio. Lo anterior es debido a que estos son los nutrimentos más dinámicos y los que más a menudo afectan el rendimiento y calidad de los cultivos.

El extracto se puede obtener rápidamente y el análisis es también rápido. En este caso, los resultados pueden obtenerse el mismo día o al día siguiente del muestreo, lo que permite un monitoreo ágil y cambios inmediatos de la nutrición que permitan mantener el potencial de rendimiento. En cuanto al muestreo, este se deberá tomar de la hoja más recientemente madura o en algunas ocasiones de la hoja opuesta al racimo floral. A estas hojas se les quitan las láminas foliares, los pecíolos muestreados se llevan inmediatamente al extractor de jugo celular (prensa manual) y se obtiene el extracto. Posteriormente se lee la concentración nutrimental en los equipos portátiles (INTAGRI, 2015).

En la práctica existen dos métodos para definir los niveles de suficiencia: La primera se basa en reunir una población grande de datos de análisis de tejidos los que permiten desarrollar un histograma de frecuencias que generalmente obedece a una distribución normal. En esta distribución normal se establece arbitrariamente que los niveles a la izquierda de la curva son bajos, los de la derecha altos y al medio son normales o promedios.

En ausencia de datos regionales esta técnica da una idea aproximada de los rangos necesarios para interpretar los resultados de los análisis de tejidos. Sin embargo, la técnica es muy imprecisa, pues los niveles considerados bajos no necesariamente representan niveles de deficiencia y los altos, niveles excesivos. El segundo método relaciona el contenido nutricional del tejido vegetal con el crecimiento o rendimiento del cultivo. Esta técnica es más precisa porque relaciona en el campo la concentración de nutrientes con la condición de desarrollo del cultivo. Para esto es necesario diseñar experimentos formales de dosis de nutrientes para poder obtener una curva de rendimiento y las concentraciones del nutriente en el tejido muestreado (Castellanos, 1999).

Capítulo 3

JUSTIFICACIÓN

El apio (*Apium graveolens* L. var. Dulce (Mill.) Pers) es una planta herbácea, originaria de las zonas mediterráneas, según Maroto y Pascal (1991). Las antiguas civilizaciones (egipcios, griegos y romanos) cultivaban el apio para ser usada como planta aromática y medicinal. A partir de variedades silvestres, el apio se empezó a cultivar en Italia en el siglo XVI. Después, a finales del siglo XVII, los italianos y franceses, lo introdujeron en las islas Británicas. Posteriormente, durante el siglo XIX se comenzó a cultivar en la parte norte de América. México es un país que se considera exportador neto de apio. En promedio produce 22,776 toneladas al año y de esto exporta 85.44 %. El rendimiento promedio por hectárea que obtienen los productores del cultivo de apio es de 42,700 kilogramos.

La implementación y utilización de mejoradores de suelo, tienen la ventaja de optimizar todos los recursos y ahorrar insumos como fertilizantes y agua, los cuales son importantes insumos para la producción, a la vez que incrementa los rendimientos y la calidad de las cosechas, de ahí la importancia de evaluarlos y considerar su utilización para cada condición de clima, suelo y cultivo. La presente tesis considera la evaluación de cuatro mejoradores de suelo sobre la calidad química del suelo, el crecimiento, estado nutrimental y rendimiento del cultivo de apio.

Capítulo 4

PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis nula

La aplicación de mejoradores de suelo no modifican las propiedades de calidad del suelo como CE, pH, aniones, cationes, así como tampoco se modifican el estado fenológico, crecimiento, nutrimental, color y rendimiento del cultivo de apio.

4.2. Hipótesis alterna

La aplicación de mejoradores de suelo modifican las propiedades de calidad del suelo como CE, pH, aniones, cationes, así como también se modifica el estado fenológico, crecimiento, nutrimental, color y rendimiento del cultivo de apio.

Capítulo 5

OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Identificar el efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en la salinidad del suelo, estado fenológico, nutricional y rendimiento del cultivo.

5.1.1. Objetivos específicos

1. Identificar el efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en los parámetros de calidad de suelo como CE, pH, aniones y cationes.

2. Identificar el efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en el contenido nutrimental (NO^-_3, K^+, Ca^{++}, Na^+) del cultivo e índice SPAD en hojas.

3. Identificar el efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en el estado fenológico, crecimiento (ancho de cuello, ancho de tallo, número de hojas y altura), así como rendimiento del cultivo.

Capítulo 6

MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Ubicación del estudio y condiciones ambientales

El experimento se realizó en terrenos de la Empresa Río Colorado del valle de San Luis Río Colorado con ubicación (32° 15' 55" N, 114° 58' 52" O, a 15 *msnm*) el clima de la región es seco, semiseco y muy seco, principalmente, con temperaturas promedio de 46.7 °C durante el verano y en invierno de -1.7 °C, con una temperatura media anual de 22.6 °C, y una precipitación media anual de 55.5 mm, mientras que la altitud varía de 16 *msnm* y una topografía plana. (REDEMAS, 2017).

6.2. Logística del experimento

Se evaluaron cuatro tratamientos: el testigo y tres mejoradores de suelo cuyas dosis fueron 35 L/ha^{-1} identificados como T1: Testigo, T2: Hortical, T3: Yesozul y T4: Arrasal. Las características de cada producto son presentadas en el Cuadro 1. Los cuales fueron distribuidos en un diseño en franjas con 3 repeticiones. Como parcela útil se seleccionaron 4 puntos al azar de cada tratamiento y se cosecharon 30 metros de distancia en cada uno de los puntos, se cuantificó el número de cajas de apio de cada tratamiento, rendimiento en biomasa seca y biomasa fresca del cultivo. 3 profundidades de suelo evaluadas.

Nombre	Composición	Referencia
T2: Hortical	Formulado a base de calcio quelatado con ácidos polihidroxicarbuxilicos.	https://www.hortitec.com.mx/?p=185
T3: Yesozul	Suspensión líquida a base de partículas de sulfato de calcio y sulfato de azufre	https://www.agroquimicos-organicosplm.com/yesozul-85-1-4131-55-3
T4: Arrasal	Copolimero de ácido acrílico sulfonado (40%), alcohol polietoxilenado (5%) y diluyentes (55%).	https://www.protecin.com.mx/wp-content/uploads/catalogo/envases/Arrasal-Frontal.jpg

Cuadro 1. Nombre, composición y referencia de los materiales utilizados durante el experimento.

6.3. Establecimiento y topología del cultivo

La superficie total del experimento fue de 1.7424 ha^{-1} dividido en cuatro partes iguales. En cada una de ellas se aplicaron cada uno de los tratamientos. Se utilizó plántula de apio variedad Merengo bajo sistema de riego por goteo, con cintillas de 20 cm de separación entre goteros.

El trasplante se realizó el día 14 de Septiembre del 2016, se levantaron camas a separación de 1 m y se trasplantaron 10 plantas por metro a doble hilera por surco con sembradora mecánica a una separación de 20 cm entre plantas.

6.4. Fertilización y riegos

Las fuentes de fertilizantes empleados fueron Sulfonit (33-00-00; Servicios NH_3), (50-30-00), (20-05-10), (05-00-40), Nitrato de calcio (15-00-00-26 Ca), Sulfato de magnesio (16.5 MgO – 12 S) y micro elementos. Al trasplante se utilizó riego por aspersión durante 10 días con 12 horas de riego, esto para

reducir los problemas de salinidad y generar un microclima en el cultivo para un buen establecimiento del mismo, posterior mente se inició el riego por goteo a los 11 DDT con 12 horas de riego cada 3 días, conforme crecía el cultivo y las temperaturas disminuían se fueron reduciendo las horas de riego hasta llegar a 6 horas por riego. La fertilización se comenzó a realizar a los 15 DDT.

6.5. Malezas y plagas

Durante los primeros meses de desarrollo del cultivo se presentaron malezas como verdolagas *(Portulaca oleracea,)* y se controló con Gesagard 50 *(Prometrina)* a dosis de 2 l/ha^{-1}. Se presentó zacate grama *(Cynodon dactylon)* controlado con Select® ultra *(Clethodim)* a dosis de 1 l/ha^{-1}. Se presentaron incidencias moderadas de trips (*trips* tabasi), minador de la hoja *(Liriomyza trifolii)* pulgón *(Aphis spp.)*, controlados con Exalt™ *(Spinetoram)* a dosis de 0.6 l/ha^{-1} y *Permetrina* a dosis de 0.5 l/ha^{-1}.

6.6. Muestreo de suelo

Se tomaron muestras de suelo de cada tratamiento con tres repeticiones cada uno. De las cuales se evaluaron tres profundidades (20, 50 y 100 cm). Las muestras fueron tomadas con barrena tipo california. Posteriormente se llevaron al laboratorio del Instituto de Ciencias Agrícolas, en el área de agua y suelo para determinar las propiedades químicas y físicas del suelo.

6.7. Aplicación de los tratamientos

Se aplicaron 30 litros por hectárea de cada uno de los tratamientos evaluados, realizando las aplicaciones de acuerdo a la superficie de cada tratamiento. Se inyecto el mejorador de suelo con mochila directamente al sistema de riego, se canceló el riego en el resto de los tratamientos mientras se aplicaba el mejorador en el tratamiento que le correspondía. Se realizaron cinco aplicaciones del mejorador a intervalos de 15 días entre cada aplicación.

6.8. Variables de medición

6.8.1. Ancho del cuello

El ancho del cuello se cuantificó tomando la medición a un centímetro del suelo, con la ayuda de un vernier tomando cuatro plantas por parcela.

6.8.2. Ancho de tallo

El ancho de tallo se cuantificó tomando la parte media del tallo como referencia. Se utilizó un vernier para tomar la lectura de cuatro plantas por parcela.

6.8.3. Número de hojas

El número de hojas se contabilizó a partir de que se encontrara el foliolo completo de las hojas centrales de cada planta, tomando cuatro plantas por parcela.

6.8.4. Altura

La altura se evaluó cuantificando cuatro pantas por parcela desde el ras de suelo hasta la hoja sobresaliente con cinta métrica, normalmente la hoja más recientemente madura.

6.8.5. Análisis nutrimental

El análisis nutrimental se cuantificó con la toma de cuatro peciolos de apio por parcela, tomando solamente 15 centímetro de la parte media del peciolo. Las muestras de peciolo se llevaron a laboratorio para realizar la medición del extracto celular correspondiente con prensa de ajo y medidos con el equipo LAQUAtwin. Las determinaciones fueron de NO_3, K, Ca y Na.

6.8.6. Rendimiento

El rendimiento se cuantificó tomando cuatro apios por parcela, pesando la biomasa fresca en campo y llevando las muestras de apio a laboratorio para meterlas a la estufa y determinar la biomasa seca. El rendimiento comercial se cuantificó tomando 30 metros de cada parcela y determinar el rendimiento en cajas de 24 apios, 30 apios y rezaga del cultivo.

6.9. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de ancho del cuello, ancho de tallo, número de hojas, altura, así como el estado nutrimental y propiedades químicas del suelo fueron realizados mediante un diseño completamente al azar. También se realizó una prueba de Tukey 0.05 para la comparación de medias. En todos los análisis estadísticos realizados se utilizó el programa Statistix 8.

Capítulo 7

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Salinidad del suelo y reacción del suelo

En la Figura 1 se ilustran las concentraciones de CE (dS/m) de las tres profundidades evaluadas 20, 50 y 100 cm. El tratamiento ArraSal mostro ser el tratamiento que más redujo la CE a los 20 cm con una reducción de 1.89 dS/m, seguido del tratamiento Yesozul 1.71 dS/m, Testigo 1.3 dS/m y Hortical 0.78 dS/m. La profundidad de 20 cm fue la única profundidad en la que hubo diferencia significativa incluyendo al tratamiento testigo con una disminución gracias a la misma agua de riego la cual permitió lavar sales en los primeros 20 cm.

Resultados similares fueron encontrados por otros investigadores (Manzano Banda, Rivera Ortiz, Briones Encinia & Zamora Tovar, 2014) donde se evalúo el efecto de la lámina de lavado en la CE del suelo con y sin el uso de mejoradores de suelo como yeso, ácido sulfúrico y estiércol. En la profundidad de los 50 cm Yesozul fue el tratamiento que más redujo la CE (1.58 dS/m) seguido del tratamiento testigo (1.52 dS/m), Hortical (1.3 dS/m) y ArraSal (0.71 dS/m).

De igual manera en la profundidad de 100 cm Yesozul fue el tratamiento que más redujo la CE (0.98 dS/m) seguido del tratamiento Hortical (0.55 dS/m),

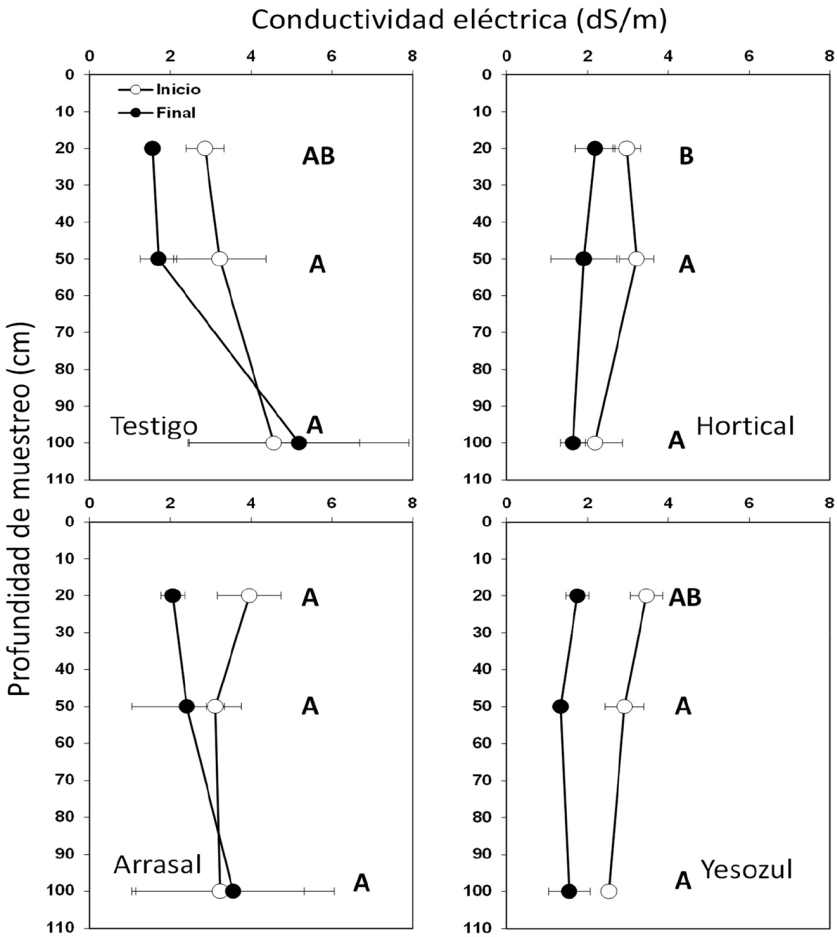

Figura 1. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en la conductividad eléctrica de la solución del suelo a profundidades 0 – 20, 20 – 50 y 50 – 100 cm de cada tratamiento.

ArraSal el cual tuvo un aumento de (0.32 dS/m) y Testigo con un aumento de (0.62 dS/m). Sin embargo no se encontró diferencia significativa en las profundidades 50 y 100 cm de profundidad.

En la Figura 2 se muestra la reacción del suelo pH en las 3 profundidades evaluadas 20, 50 y 100 cm. En los cuatro tratamientos la reducción del pH

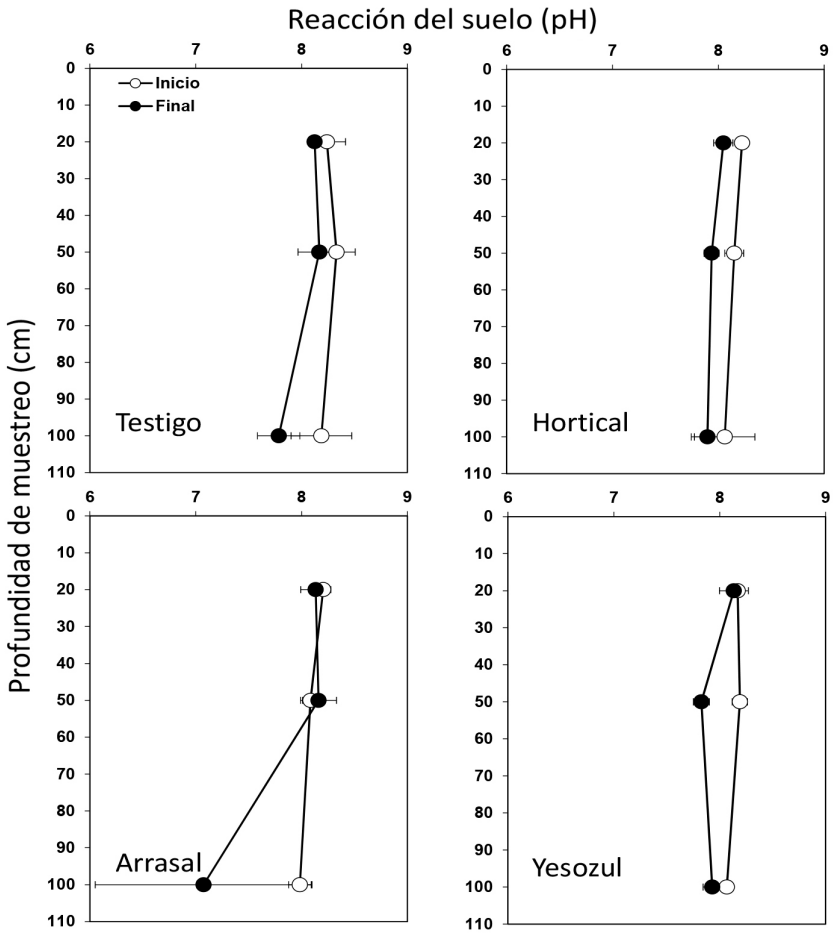

Figura 2. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en el pH de la solución del suelo a profundidades 0 – 20, 20 – 50 y 50 – 100 cm de cada tratamiento.

fue ligeramente modificado siendo Hortical el tratamiento que redujo más el pH de los 20 cm (0.2 pH). Yesozul a los 50 cm (0.4 pH) y ArraSal a los 100 cm con una reducción de 0.9 pH. Sin embargo no se encontró una reducción significante entre los tratamientos en ninguna de las profundidades evaluadas. Resultados similares en relación con y sin el uso de mejoradores de suelo sobre el efecto en el pH fueron encontrados por Manzano et al. (2014).

7.2. Aniones y cationes

En la Figura 3 se muestran las concentraciones anionicas antes del trasplante y a la cosecha de los cuatro tratamientos. Al inicio las concentraciones de Cl^- se encontraban en un promedio de 16.07 meq y al final se redujo a 4.72 meq. El anión HCO^-_3 mostro aumentar su concentración de 3.35 meq a 5.28 meq. La concentración promedio del anión SO^-_4 se encontraba en 13.70 meq y se redujo a 8.90 meq/100 gr de suelo, sin embargo estadísticamente ningún tratamiento mostro ser diferente significativamente ya que el suelo tendió a tener las mismas condiciones de aniones que el agua de riego la cual tenía valores en Cl^- de 9.2 meq, HCO^-_3 de 5 meq y SO^-_4 6.05 meq. Lo que indica también que el agua de riego determina algunas propiedades químicas de los suelos (SEFOA 2009).

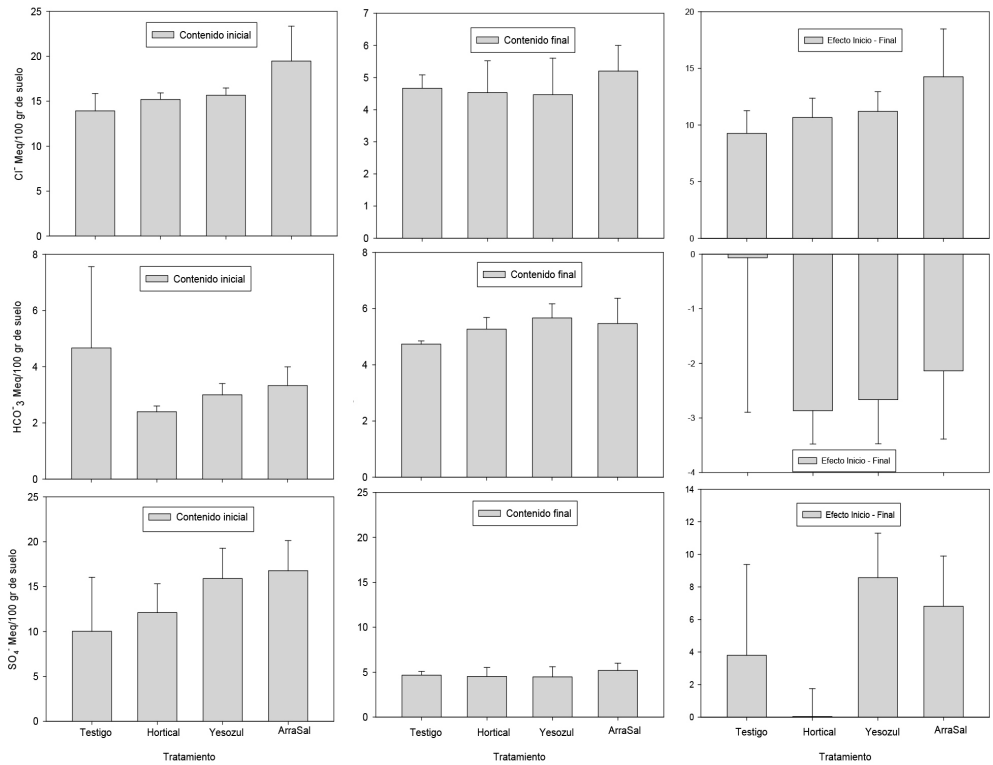

Figura 3. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en las concentraciones aniónicas de las profundidades 0 -20 cm de cada tratamiento.

En la Figura 4 se muestran las concentraciones de los cationes Ca^{++}, Mg^{+} y Na^{+}, antes del trasplante y a la cosecha de los cuatro tratamientos. Al inicio las concentraciones del catión Ca^{++} se encontraban en un promedio de 2.98 meq, al final se redujo a 1.83 meq siendo el tratamiento testigo el que redujo más las concentraciones, seguido de Yesozul y Hortical, ArraSal con un aumento. El catión Mg^{+} se encontraba en una concentración de 6.99 meq y tuvo una reducción promedio de 4.33 meq siendo ArraSal el tratamiento que redujo hasta 6.1 meq/100g de suelo las concentraciones del catión Mg^{+} seguido por Hortical y Yesozul, el tratamiento testigo con un aumento en su concentración. El catión Na^{+} tenía una concentraciones promedio de 23.14 meq y bajo a 12.73 meq/100 g de suelo siendo Yesozul el tratamiento que más redujo las concentraciones 14.6 meq/100g de suelo seguido de ArraSal 13.4 meq, Testigo 9.4 meq y Hortical 4.2 meq.

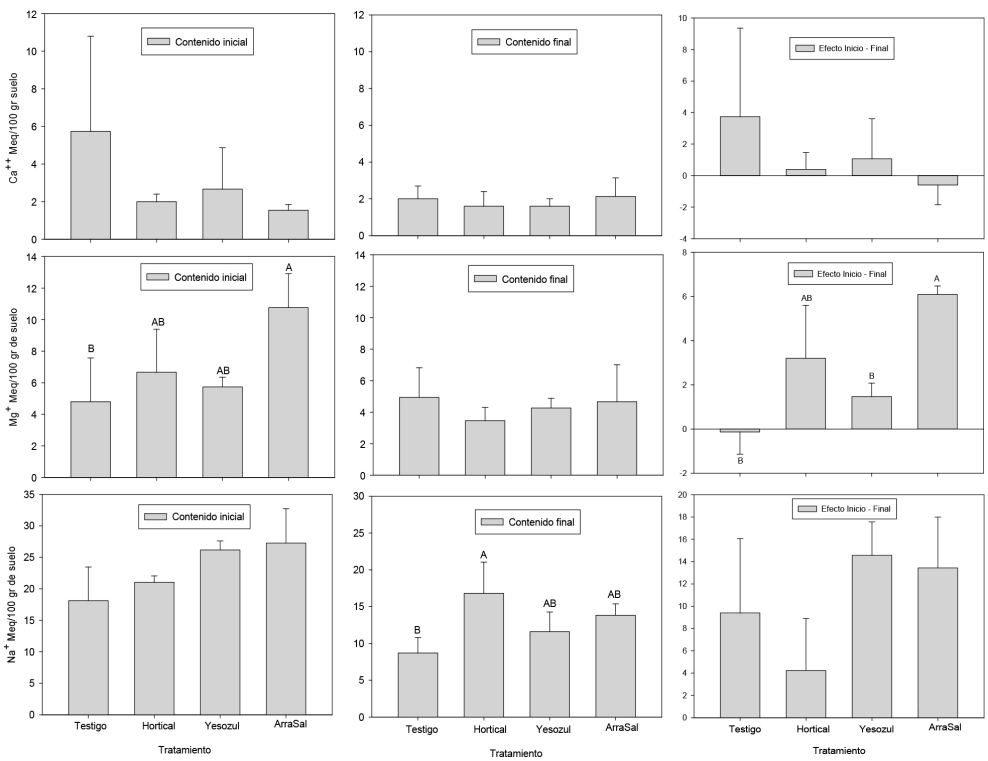

Figura 4. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en las concentraciones de cationes a profundidad 0 -20 cm de cada tratamiento.

Tratamiento	Concentración inicial			Concentración final		
	Ca++	Mg+	Na+	Ca++	Mg+	Na+
Testigo	5.73	4.8	18.1	2.17	4.93	8.7
Hortical	2.21	6.67	21.03	1.6	3.47	16.8
Yesozul	2.67	5.73	26.17	1.6	4.27	11.6
ArraSal	1.54	10.76	27.27	2.13	4.67	13.23

Cuadro 2. Concentración catiónica al inicio y al final de los tratamientos (20 cm).

Las concentraciones del ion calcio y sodio no fueron modificadas significativamente ante el uso de los tratamientos evaluados (Cuadro 2). En el catión magnesio se observó una diferencia entre tratamientos siendo ArraSal el tratamiento que redujo más las concentraciones debido a que es un derivado del ácido carboxílico cuya función es desplazar sales que se encuentran en exceso en los suelos como el carbonato de magnesio entre otros ya que en sus estructuras forma puentes débiles con el hidrogeno y al entrar en contacto con el agua y suelo sede hidrogeno acidificando el medio y poniendo disponible los elementos y liberando otros fuertemente retenidos en los suelos (https://www.protecin.com.mx/arrasal/).

Al inicio las concentraciones en CE sobrepasaban los 4 dS/m, el pH fue menor que 8.5 y el PSI no fue mayor de 15 % colocando este suelo como salino según la clasificación de suelos de SEFOA 2009 (Cuadro 3). Al final del estudio los valores en la CE no sobrepaso los 4 dS/m^{-1}, el pH no sobrepaso los 8.5 y el PSI no sobrepaso el 15 % colocando este suelo como un suelo normal según la clasificación de suelos salinos de SEFOA 2009 (Cuadro 3).

7.3. Crecimiento y desarrollo

En la Figura 5 se muestra el crecimiento (ancho de cuello, ancho de tallo, número de hojas y altura) en el cultivo de apio. Se puede apreciar que el tratamiento Yesozul obtuvo un mayor valor en el ancho del cuello desde los 62 DDT

Tratamiento	Inicio		Final	
	RAS	PSI	RAS	PSI
Testigo	7.88	9.39	4.67	5.33
Hortical	10.10	12.00	10.55	12.51
Yesozul	12.77	14.94	6.77	8.02
ArraSal	10.99	13.01	7.19	8.54

Cuadro 3. Efecto de RAS y PSI de la profundidad de 20 cm al inicio y final del ciclo.

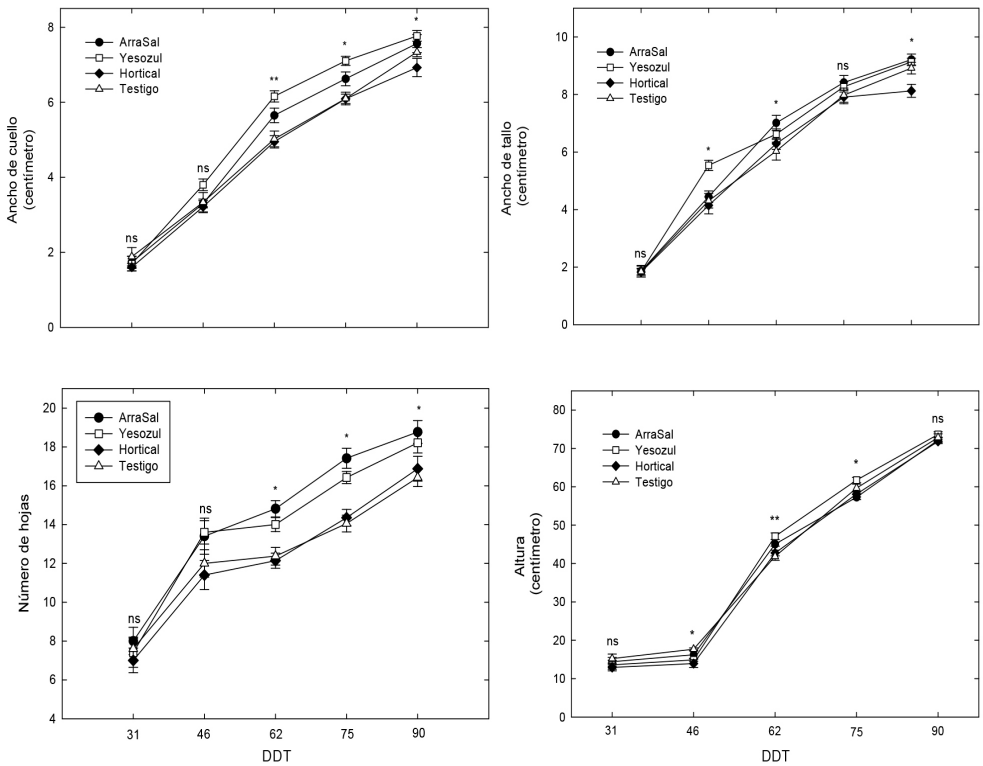

Figura 5. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en el crecimiento y desarrollo del cultivo de apio.

(6.16 cm) hasta los 90 DDT (7.77 cm). En el ancho de tallo ArraSal sobresalió a los 90 DDT con (9.21 cm). En el número de hojas Arrasal y Yesozul fueron los tratamientos que generaron un mayor número de hojas (ArraSal 18.76 y Yesozul 18.21 hojas). En altura Yesozul muestra tener un mayor crecimiento al transcurso de los 62 a los 75 DDT en comparación de los demás tratamientos, sin embargo en la última medición los cuatro tratamientos llegaron a tener la misma altura no encontrándose diferencia significativa.

7.4. Estado nutrimental

En la Figura 6 se muestran las concentraciones del ECP del cultivo de apio. Se encuentra una tendencia descendente en nitratos y potasio en los cuatro trata-

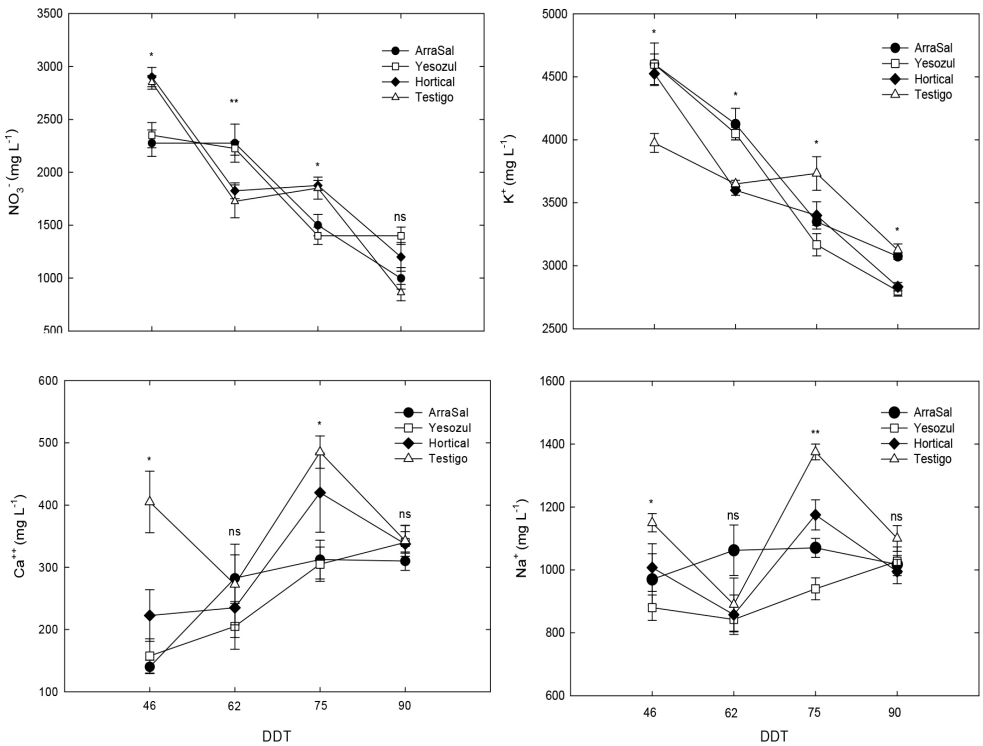

Figura 6. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en el estado nutrimental del cultivo de apio.

mientos evaluados, donde se encontraron variaciones en las concentraciones de nitratos al transcurso de los 46 a los 75 DDT (crecimiento activo), y a los 90 DDT las concentraciones fueron no significantes. De igual manera el ion K^+ se mantuvo en descenso desde los 46 hasta los 90 DDT, siendo los tratamientos Testigo y ArraSal los tratamientos que se mantuvieron en las concentraciones más elevadas (Testigo 3,125 y ArraSal 3,075 mg L^{-1}).

En las concentraciones del ion Ca^{++} las lecturas muestran una tendencia lenta en aumento, siendo el tratamiento Testigo el que no muestra tener valores en secuencia ascendente sino en aumento y reducción. El tratamiento Hortical se comportó de forma similar al testigo. ArraSal y Yesozul los tratamientos que si mantienen un orden ascendente en las concentraciones de Ca^{++}. Sin embargo al final de las mediciones no se encontró diferencia significativa entre tratamientos para el ion Ca^{++}. Al igual que Ca^{++} las concentraciones de Na^+ se comportaron de manera similar para los cuatro tratamientos no encontrándose diferencia significativa en la lectura final.

En la Figura 7 se muestra el índice SPAD de los cuatro tratamientos antes de realizar el corte del apio. En cuanto al parámetro SPAD Yesozul y ArraSal fueron los tratamientos que generaron un mejor color en peciolos del cultivo de apio con valore de 43.86 SPAD para Yesozul y 43.36 SPAD ArraSal. Testigo el tratamiento que tuvo el menor índice SPAD en las mediciones (40.56 SPAD). Con lo

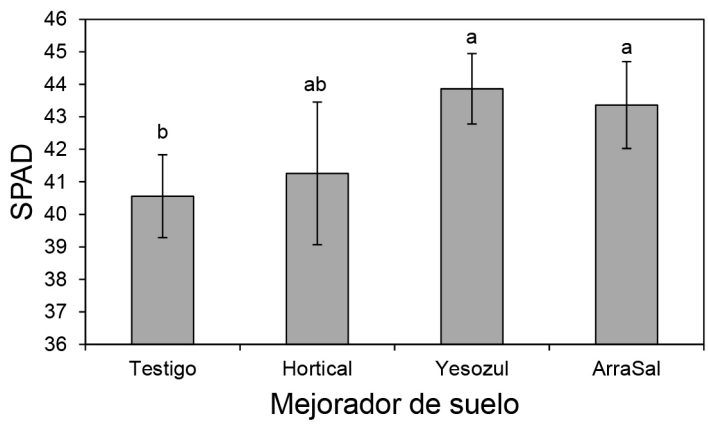

Figura 7. Efecto de la aplicación de mejorador de suelo en índice SPAD.

anterior se demostró que con la aplicación de mejoradores de suelo se modifica el color en peciolos de apio.

7.5. Rendimiento

En la Figura 8 se muestran los rendimientos (Kg ha^{-1}) de biomasa fresca del cultivo de apio. Los rendimientos fluctuaron entre los 194,375 y los 221,250 Kg ha^{-1} teniendo los mayores rendimientos en peso el tratamiento Testigo; 221, 250 kg ha^{-1}, Hortical; 208, 125 kg ha^{-1}, 206, 875 kg ha^{-1} y ArraSal; 194, 375 kg ha^{-1}. Sin embargo no se encontró diferencia entre los tratamientos.

En la Figura 9 se muestran los rendimientos de los cuatro tratamientos evaluados. Los rendimientos fluctuaron entre los 41.07 a los 49.11 Ton ha^{-1}. Siendo ArraSal el de más peso 49.11 Ton ha^{-1}, Yesozul; 48.24 Ton ha^{-1}, Testigo; 42.62 Ton ha^{-1} y Hortical; 41.07 Ton ha^{-1}. Sin embargo no se encontró diferencia entre los tratamientos.

En el Cuadro 4 se muestra el rendimiento comercial y rezaga del cultivo de apio. Siendo el tratamiento ArraSal el que generó un mayor número de cajas de 24 apios. En cajas de 30 apios como rezaga no se encontró diferencia entre los tratamientos por lo que Arrasal es capaz de generar más cajas de 24 apios.

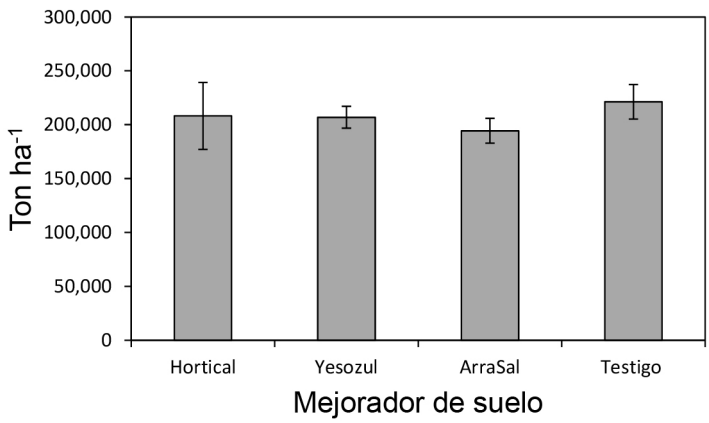

Figura 8. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en la biomasa fresca del cultivo de apio.

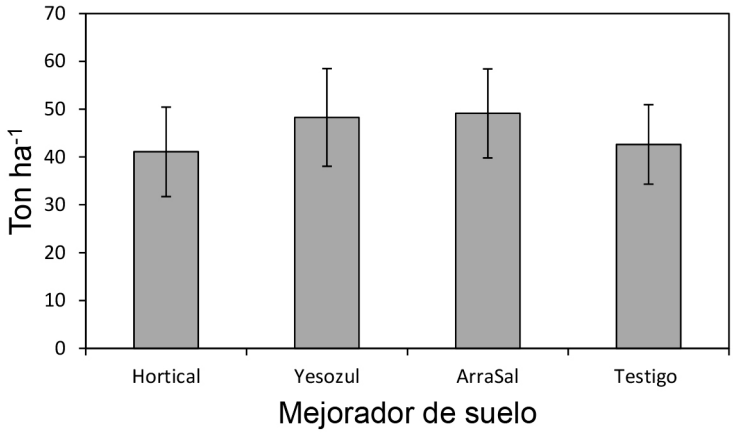

Figura 9. Efecto de la aplicación de mejoradores de suelo en la biomasa seca del cultivo de apio.

Tratamiento	24s‡	30s	Total	Rezaga
	Cajas · ha^{-1}			Plantas · ha^{-1}
Testigo	2333 ab	1166	3500	667
Hortical	1666 b	1250	2916	2417
Yesozul	2333 ab	1250	3583	3083
ArraSal	2833 a	750	3583	3250
Significancia	0.036	0.236	0.127	0.153

‡ Cajas con 24 o 30 plantas de apio; Una caja de apio fresco pesa 36 kg.

Cuadro 4. Rendimiento comercial y rezaga del cultivo de apio por el efecto de la aplicación de mejoradores de suelo.

Capítulo 8

CONCLUSIONES

1. La aplicación de mejoradores de suelo modificó las propiedades químicas del suelo como la CE siendo Arrasal el que desplazó la mayor cantidad de sales en los primeros 20 cm y Yesozul el mejorador que logró reducir la CE desde los 20 a los 100 cm de profundidad.

2. La aplicación de mejoradores de suelo modifico las propiedades químicas del suelo como lo es el caso del catión magnesio Mg^{+} con una reducción hasta de 1.6 meq/100 gr de suelo.

3. La aplicación de mejoradores de suelo modificó propiedades químicas del suelo como CE, RAS y PSI, las cuales de encontrarse en un suelo clasificado como salino, redujo las concentraciones de CE recuperando el suelo y clasificándolo como un suelo normal.

4. La aplicación de mejoradores de suelo modificó el crecimiento del cultivo de apio como el ancho de cuello siendo Yesozul el tratamiento que generó un mayor tamaño 6.16 cm. en ancho de tallo ArraSal obtuvo un mayor tamaño con 9.21 cm. En el número de hojas ArraSal y Yesozul fueron los que generaron más hojas llegando a 18 hojas.

5. En el estado nutrimental del cultivo las concentraciones para los 4 iones evaluados NO-3, K^+, Ca^{++}, Na^+, variaron significativamente en algunas mediciones con un descenso en las concentraciones de NO_3^- y K^+ al trascurso del ciclo y los iones Ca^{++} y Na^+ mostraron tener una tendencia lenta en aumento. Pero solo potasio tuvo diferencia significativa a los 90 DDT siendo los tratamientos Testigo y ArraSal los tratamientos que se mantuvieron en las concentraciones más elevadas (Testigo 3,125 y ArraSal 3,075 mg L^{-1}).

6. La aplicación de mejoradores de suelo tuvo un efecto en el índice SPAD donde Yesozul y ArraSal fueron los tratamientos que generaron un mejor color verde en foliolos del cultivo de apio con valores de 43.86 SPAD para Yesozul y 43.36 SPAD ArraSal.

7. La aplicación de mejoradores de suelo no tuvo un efecto en el rendimiento del cultivo para biomasa fresca y biomasa seca. En rendimiento comercial si se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para el tratamiento ArraSal con 2, 833 cajas de 24 apios.

Capítulo 9

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agroes.es. (sf). *Abonado de apio, extracciones y dosis de nutrientes para fertilización con nitrógeno, fósforo y potasa.* https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/apio (Consultado en 6 de diciembre de 2021).

Arshad, M. A., & Coen, G. M. (1992). Characterization of soil quality: physical and chemical criteria. *American Journal of Alternative Agriculture,* 7, 25-31. https://doi.org/10.1017/S0889189300004410

Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J. X., & Aguilar, A. (2000). *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas*. Colección INCAPA, 2a Ed.

Castellanos, J. Z. (1999). Nutrición de cultivos bajo sistemas de fertigación. Instituto de la Potasa y el Fosforo de Canadá. *Informaciones Agronómicas,* 35, 5-11.

Castaños, C. (1993). *Horticultura, Manejo Simplificado*. Editorial Chapingo.

CINCOPORDIA (2011). *Cinco frutas y cinco verduras al día.* http://cincopordia.com.mx/files/pages/0000000023/ApioOptimizado.pdf Consultado el 10 de enero de 2018.

Estadísticas Agrícolas de las Unidades de Riego (2018). *Año agrícola 2016-2017*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/SGIH-3-18.pdf (Consultado en 6 de diciembre de 2021).

Gupta, R. K., & Abrol, I. P. (1990). Salt-Affected Soils: Their Reclamation and Management for Crop Production. *Advances in Soil Sciences*, 11, 223-289. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3322-0_7

INTAGRI (2015). *Monitoreo Nutrimental de Cultivos bajo Invernadero Extraído*. https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/monitoreo-nutrimental-de-cultivos-bajo-invernadero Consultado en diciembre de 2017.

Manzano Banda, J. I., Rivera Ortiz, P., Briones Encinia, F., & Zamora Tovar, C. (2014). Rehabilitación de suelos salino-sódicos: estudio de caso en el distrito de riego 086, Jiménez, Tamaulipas, México. *Terra Latinoamericana*, *32*(3), 211–219.

Miyamoto, S. & Enriquez, C. (1990). Comparative effects of chemical amendments on salt and Na leaching. *Irrig. Sci.*, 11, 83-92. https://doi.org/10.1007/BF00188444

REDEMAS (2017). *Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas del Estado de Sonora*. http://www.siafeson.com/remas/index.php/estacionglobal?rid=65 Consultado en diciembre del 2017.

Santillano-Cázares, J, López-López, A., Ortiz-Monasterio, I. & Raun, W. R. (2013). Uso de sensores ópticos para la fertilización del trigo (*Triticum aestivum* L.). *Terra Latinoamericana*, 31(2), 95-103.

SEFOA (2009). *Secretaría de Fomento Agropecuario. Estudio Bibliográfico de la Salinidad en el Valle de Mexicali, Baja California*. http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/pdf/biblioteca/agropecuaria/DOCUMENTO%20SALINIDAD.pdf Consultado en diciembre de 2017.

SIAP (2015). *Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera*. https://www.gob.mx/siap/ Consultado el 10 de enero de 2018.

SNIIM (2015). *Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados*. http://www.economia-sniim.gob.mx/2010prueba/CuadroAnual.asp Consultado el 10 de enero de 2018.

Sowbhagya, H. B. (2013) Chemistry, technology, and nutraceutical functions of celery (*Apium graveolens* L.): An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,* 54(3), 389–398. https://doi.org/10.1080/10408398.2011.586740

Subbarao, G. V., Johansen, C., Jana, M. K., & Kumar-Rao. J. V. D. K. (1991). Comparative Salinity Responses among Pigeonpea Genotypes and Their Wild Relatives. *Crop Science,* 31, 415-418. https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100020037x

Sufiyan, S. & Singla, F. K. (2012). Review on the pharmacognostical & phamacological characterization of Apium Graveolens Linn. *Indoglobal. Journal of Pharmaceutical Science,* 2(1), 36-42.

Xiao-jie, Q., Yi-Xi, F., Xue, P., & Shu-Shan, D. (2021). Insecticidal and repellent activities of essential oils from seed and root of celery (*Apium graveolens* L.) against three stored product insects. *Journal of Essential Oil Bearing Plants,* 24(5), 1169-1179. https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1981159

Este libro es el resultado de un estudio de evaluación de tres mejoradores de suelo sobre la salinidad del suelo, el crecimiento, el estado nutricional, el índice SPAD y el rendimiento en el cultivo de apio (*Apium graveolens* L. var. Dulce (Mill.) Pers).

Se estudiaron cuatro tratamientos distintos y se compararon antes del trasplante y al final del ciclo del cultivo. Se determinó la salinidad, la reacción del suelo y las concentraciones de aniones y cationes.

Durante el experimento se midió el ancho de cuello, ancho de tallo, número de hojas y altura de planta. Se determinaron las concentraciones nutrimentales de nitratos, potasio, calcio y sodio. Además, se determinó el índice SPAD.

Finalmente, se analizaron los resultados obtenidos por efecto de los distintos mejoradores así como sus variables. Los resultados encontrados permitieron aportar las conclusiones del estudio.

Fidel Núñez-Ramírez

Juan Antonio Soto-González

Samuel Samaniego-Gámez

Raul Enrique Valle Gough

Juan Carlos Vázquez-Angulo

Blancka Yesenia Samaniego-Gámez

Aurelia Mendoza-Gómez

Ariana Isabel Torres-Bojórquez

Isabel Escobosa-García

Isidro Bazante-González

Ángel Manuel Suarez Hernández

OmniaScience

ISBN 978-84-123480-4-0

9 788412 348040 >