



Producción de frutilla (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencia de potasio en sistema semi hidropónico

Tocte Paucar, Marjorie Dayana

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal Mgtr.

26 de agosto del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Producción de frutilla (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencia de potasio en sistema semi hidropónico** fue realizado por: **Tocte Paucar, Marjorie Dayana**; la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 26 agosto del 2022



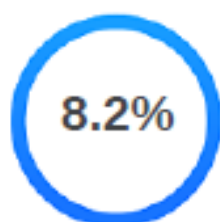
Firmado electrónicamente por:
**PABLO ANIBAL
LANDAZURI
ABARCA**

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Anibal Mgtr.
C.C. 1708262348

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

Tocte Paucar Marjorie Dayana.docx

Scanned on: 1:9 August 26, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

| | |
|--------------------------|-----|
| Identical Words | 466 |
| Words with Minor Changes | 194 |
| Paraphrased Words | 337 |
| Omitted Words | 0 |



Firmado electrónicamente por:
PABLO ANIBAL
LANDAZURI
ABARCA

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Anibal Mgtr.
C.C. 1717467235



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Tocte Paucar, Marjorie Dayana**, con cédula de ciudadanía No. 1723139141, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Producción de frutilla (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencia de potasio en sistema semi hidropónico** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 26 de agosto del 2022

.....
Tocte Paucar, Marjorie Dayana
C.C.: 1723139141




Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo **Tocte Paucar, Marjorie Dayana**, con cédula de ciudadanía No. 1723139141 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Producción de frutilla (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencia de potasio en sistema semi hidropónico** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 26 de agosto del 2022



.....
Tocte Paucar, Marjorie Dayana
C.C.: 1723139141

Dedicatoria

A Dios por su infinito amor y bondad para conmigo, por ser la fuerza y protección en mi vida. Con mucho amor y orgullo, le dedico a mis padres Jorge y Rosa; quienes están conmigo en cada paso que doy por darme el ejemplo de constancia y superación. A mi hermano Josué, por el constante apoyo en los momentos difíciles. A mi esposo Christopher e hijo James, quienes son la motivación para luchar y superar cualquier adversidad. A mi abuelita Tilde y tías María y Lorena, quienes son mi chispa de alegría, y me brindaron un apoyo incondicional en este proceso.

Marjorie Dayana Tocte Paucar

Agradecimiento

En este largo camino de mis estudios universitarios agradezco a Dios por dejarme compartir mis logros con las personas que más quiero y amo.

A mis padres, por estar junto a mí en este largo proceso, no existe una palabra que pueda decir lo agradecida que estoy al darme la oportunidad de cumplir uno de mis grandes sueños y de seguro uno de los suyos también, les agradezco por no dejarme rendir y enseñarme que el trabajo duro tiene sus frutos. Este logro es de ustedes, juntos lo hicimos.

A mi hermano, por brindarme su tiempo y apoyo en situaciones difíciles, por enseñarme que cada uno tiene algo especial y solo uno mismo puede demostrarlo.

A mi esposo, coincidir en esta vida para compartir mis logros es algo imaginable, siempre estaré agradecida por la dulzura y paciencia con al que me das ánimos y consejos; a mi hijo por ser la alegría de mis días y la razón para ser mejor mujer y madre; gracias por permitirme explotar todas mis habilidades en este proceso.

Al Ing. Pablo Landázuri por ser un excelente profesional, por su apoyo y colaboración incondicional en este trabajo, por esa inmensa disposición y entrega de enseñanza a los estudiantes que motiva día a día a ser futuros profesionales.

A mi abuelita por su sabiduría que me comparte en pequeños consejos de amor, a mis tías quienes con su carisma han hecho que este proceso sea más ligero; haciendo que juntas compartamos experiencias inolvidables.

Marjorie Dayana Tocte Paucar

Índice de contenidos

| | |
|----------------------------------------------|----|
| Carátula..... | 1 |
| Certificación del trabajo de titulación..... | 2 |
| Responsabilidad de Autoría..... | 4 |
| Autorización de Publicación..... | 5 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Agradecimiento..... | 7 |
| Índice de Tablas..... | 12 |
| Índice de Figuras..... | 14 |
| Resumen..... | 15 |
| Abstract..... | 16 |
| Capítulo I..... | 17 |
| Introducción..... | 17 |
| Antecedentes..... | 17 |
| Justificación..... | 18 |
| Objetivos..... | 19 |
| Objetivo general..... | 19 |
| Objetivos específicos..... | 19 |
| Hipótesis..... | 19 |
| Capítulo II..... | 20 |
| Marco teórico..... | 20 |
| Generalidades de la fresa..... | 20 |
| Taxonomía de la fresa..... | 21 |
| Variedades de fresas..... | 21 |

| | |
|----------------------------------------|----|
| Variedad de fresa Monterrey | 21 |
| Semi- hidroponía | 23 |
| Sustratos para semi hidroponía | 23 |
| Sustrato pomina | 24 |
| Soluciones nutritivas..... | 25 |
| Solución nutritiva Yamazaki..... | 25 |
| pH..... | 26 |
| Conductividad eléctrica..... | 26 |
| Temperatura y oxigenación | 26 |
| Balance de cationes y aniones | 26 |
| Macro nutrientes..... | 26 |
| Nitrógeno | 27 |
| Fósforo..... | 27 |
| Potasio | 27 |
| Micronutrientes..... | 28 |
| Manejo agronómico de la frutilla | 29 |
| Densidad de siembra | 29 |
| Rendimiento | 29 |
| Cosecha..... | 29 |
| Postcosecha..... | 30 |
| Capitulo III..... | 32 |
| Materiales y métodos..... | 32 |
| Ubicación..... | 32 |

| | |
|----------------------------------------------------------------|----|
| | 10 |
| Ubicación política territorial de la hacienda “El Prado” | 32 |
| Ubicación geográfica y condiciones agroecológicas | 32 |
| Instalación del sistema semi hidropónico | 33 |
| Material vegetal | 33 |
| Desinfección de plantas..... | 33 |
| Trasplante y riego..... | 33 |
| Preparación de las soluciones nutritivas | 34 |
| Fertilización Inicial | 34 |
| Fertilización Final | 34 |
| Manejo del cultivo..... | 35 |
| Podas..... | 35 |
| Manejo de malezas | 35 |
| Manejo de plagas | 35 |
| Diseño experimental..... | 35 |
| Factores y tratamiento..... | 35 |
| Tipo de diseño experimental | 36 |
| Características de la Unidad Experimental | 36 |
| Análisis estadístico..... | 36 |
| Variables de crecimiento | 37 |
| Variables de producción | 37 |
| Análisis foliar | 38 |
| Evaluación Económica | 38 |
| Capitulo IV | 39 |

| | |
|--------------------------------------------------------|----|
| | 11 |
| Resultados y discusión | 39 |
| Variables de Crecimiento..... | 39 |
| Altura de la planta, número de hojas y estolones | 39 |
| Longitud de raíz, peso fresco y seco. | 40 |
| Contenido de clorofila y Nitrógeno..... | 42 |
| Variables de producción | 43 |
| Peso y tamaño del fruto..... | 43 |
| Sólidos solubles (Brix °) y dureza de fruto | 45 |
| Número de flores y frutos | 46 |
| Análisis Foliar..... | 48 |
| Rendimiento | 49 |
| Evaluación económica | 50 |
| Capitulo V | 57 |
| Conclusiones y recomendaciones..... | 57 |
| Conclusiones..... | 57 |
| Recomendaciones..... | 58 |
| Bibliografía..... | 59 |

Índice de Tablas

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Variedades de la frutilla y sus características..... | 21 |
| Tabla 2 Características de la fresa Monterrey..... | 22 |
| Tabla 3 Características físicas y químicas de la pomina..... | 24 |
| Tabla 4 Componentes de la solución Nutritiva Yamazaki | 25 |
| Tabla 5 Niveles nutricionales adecuados en hojas de <i>Fragaria x ananassa</i> | 28 |
| Tabla 6 Tabla descriptiva del índice de maduración de la frutilla Monterrey | 30 |
| Tabla 7 Requerimientos para la formulación de la Solución Yamazaki expresada en meq·L ⁻¹ | 34 |
| Tabla 8 Requerimiento en meq·L ⁻¹ de los tratamientos con diferentes concentraciones de K..... | 35 |
| Tabla 9 Promedio ± desviación estándar de altura de planta (cm), número de hojas y estolones en fresa var. Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 39 |
| Tabla 10 Promedio ± desviación estándar de longitud de raíz (cm), peso fresco y seco (g) en fresa var. Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 40 |
| Tabla 11 Promedio ± desviación de contenido de clorofila (%) y nitrógeno (%) en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 42 |
| Tabla 12 Promedio ± desviación estándar en longitud fruto (mm), diámetro fruto (mm) y peso fruto (g) en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 43 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 13 Promedio \pm y desviación estándar de los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) y dureza (kg*fuerza ⁻¹) fruto en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 45 |
| Tabla 14 Tabla de frecuencias de número de flores con en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 47 |
| Tabla 15 Tabla de frecuencias de número de frutos con en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 47 |
| Tabla 16 Contenido de potasio y ceniza para los tratamientos en frutilla variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 48 |
| Tabla 17 Presupuesto parcial del experimento en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K | 50 |
| Tabla 18 Análisis de dominancia de tratamientos fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 55 |
| Tabla 19 Análisis marginal de tratamientos no dominados fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 55 |

Índice de Figuras

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Partes de la planta de la fresa | 20 |
| Figura 2 Cultivo Semi hidropónico de fresas | 23 |
| Figura 3 Deficiencia de potasio en una planta de fresa | 28 |
| Figura 4 Escala de colores del índice de maduración de la frutilla Monterrey | 29 |
| Figura 5 Ubicación del invernadero de horticultura..... | 32 |
| Figura 6 Disposición de los tratamientos en campo..... | 36 |
| Figura 7 Imagen de raíz en los diferentes tratamientos en fresa variedad Monterrey fertilizadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 41 |
| Figura 8 Longitud (mm), diámetro (mm) y peso (g) del fruto en fresa variedad Monterrey fertilizadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 44 |
| Figura 9 Imagen de frutos en los diferentes tratamientos en fresa variedad Monterrey fertilizadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 44 |
| Figura 10 Regresión de sólidos solubles (Brix °) y dureza de fruto (kg/fuerza) del fruto en fresa variedad Monterrey fertilizadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 46 |
| Figura 11 Gráfico de rendimiento en fresa variedad Monterrey fertilizadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K..... | 49 |

Resumen

En el Ecuador la frutilla (*Fragaria x ananassa*) es cultivada por sus características atractivas por su consumo directo y al contar con condiciones agroclimáticas que se concentra en la región interandina. Se estima una producción del 60% para consumo nacional y el resto para exportar. Se desconoce el impacto económico sobre la producción de fresa (*Fragaria x ananassa*) donde el bajo rendimiento de este cultivo se debe a la falta manejo adecuado, siendo la deficiencia nutricional de potasio uno de los principales elementos que afecten la calidad interna y externa de los frutos al cosechar. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar variables agronómicas, determinar el rendimiento del cultivo mediante la producción de frutos y un análisis de costos en tres dosis con alteraciones en potasio: 4 meq·L⁻¹, 2.25 meq·L⁻¹ y 0.5 meq·L⁻¹; para cuantificar sus pérdidas.

Los resultados muestran que la solución 4 meq·L⁻¹ (T1) presento mayores promedios de sobre las variables de crecimiento con altura de planta (26,40 cm), peso fresco foliar (13, 13 g) longitud de raíz (36,88 cm), contenido de clorofila (13,01 %), contenido de nitrógeno (1,97 %) y mayores promedios sobre las variables de producción con longitud de fruto (44,75 mm), diámetro de fruto (34,79 mm), peso (20,40 g) y solidos solubles de (11,93 °Brix); mientras que en la dosis de 0,5 meq·L⁻¹ en K (T2) se obtuvo mayor promedio sobre las variables de producción con dureza de fruto(0,67) peso fresco de raíz (32,43 g) y peso seco de raíz (3,6 g). Este fenómeno podría explicarse que a mayores concentraciones de potasio menores serán las deficiencias sobre las características agronómicas y productivas en el cultivo de fresa.

Palabras clave: Deficiencia nutricional, variables agronómicas, impacto económico.

Abstract

In Ecuador, the strawberry (*Fragaria x ananassa*) is cultivated for its attractive characteristics, direct consumption, and for having agroclimatic conditions that are concentrated in the inter-Andean region. Production is estimated at 60% for national consumption and the remaining sent for export. Lack of adequate management can lead to a nutritional deficiency of potassium, which is one of the main elements that effect the internal and external quality of the fruits. The economic impact on strawberry production (*Fragaria x ananassa*) is unknown where potassium deficiency produces low yield harvests. The objective of this research was to evaluate agronomic variables, determine the yield of the crop through the production of fruits, and provide an analysis of costs using three alterations in potassium (4 meq L⁻¹, 2.25 meq L⁻¹ and 0.5 meq L⁻¹. 1) to quantify losses. The results show that the 4 meq L⁻¹ (T1) solution presents higher averages of growth variables with plant height (26.40 cm), leaf fresh weight (13.13 g), root length (36.88 cm), chlorophyll content (13.01%), nitrogen content (1.97%) and higher averages on the production variables with fruit length (44.75 mm), fruit diameter (34.79 mm), weight (20.40 g) and soluble solids (11.93 °Brix); while in the dose of 0.5 meq L⁻¹ in K (T2) a higher average is obtained on the production variables with fruit hardness (0.67), fresh root weight (32.43 g) and dry root weight (3.6 g). These observations could be explained by the fact that higher potassium concentrations will lower deficiencies on the agronomic and productive characteristics in strawberry cultivation.

Keywords: Nutritional deficiency, agronomic variables, economic impact

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

La fresa (*Fragaria x ananassa*) en Ecuador se cultiva en zonas de producción que oscilan entre 1300 y 3600 msnm, este cultivo se produce durante todo el año; en nuestro país tiene una alta demanda en el mercado. La producción en Ecuador fue de 30 000 TM al mes de fresa para el año 2007, pero desde el 2010 hasta la actualidad se ha evidenciado un descenso de producción, debido a los constantes cambios de clima, variación de costos en el mercado y problemas fitosanitarios (Fabra, 2011).

El manejo técnico del cultivo de fresa es esencial para un buen rendimiento por ello la implementación de sistemas hidropónicos o semi hidropónicos ayudan a controlar la propagación de plagas y enfermedades, de igual manera estos sistemas permiten controlar la deficiencia de nutrientes en las plantas que afectan los costos de producción.

La fertilización en fresa es una de las actividades más importantes para este cultivo, permitiendo optimizar el crecimiento de la planta al dar un correcto requerimiento nutricional, se evidencia en mayor parte los efectos de deficiencias de macronutrientes como la disminución de vigor de la planta por parte del nitrógeno, coloraciones pálidas en las hojas con una disminución de aroma por parte del fósforo; y reducción de rendimiento junto con la calidad de fruta dada por el potasio. Estos síntomas van acompañados del marchitamiento e inhibición de la fotosíntesis por la falta de micronutrientes (Bolda, Bottoms, & Hartz, 2012).

La calidad de la fruta en el mercado está dada por: color, tamaño y dulzor; el potasio es el elemento con mayor demanda al momento de la fructificación. La deficiencia de este macronutriente, se evidencia al encontrarse en una concentración de tres a cinco veces menor de lo normal, siendo así que su tallo se debilita y posterior a ello se produzcan pérdidas en la fruta (Encalada, 2020).

Existen diversos estudios realizados en fresa variedad Monterrey evaluando diferentes concentraciones de K; la dosis de 5,25 meq·L⁻¹ presentó un incremento de peso fresco, longitud y firmeza de fruto mientras que a concentraciones de 3,5 meq·L⁻¹ se

evidencia bajos valores de las variables antes mencionadas, sin embargo, a una concentración de $2,75 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ K relacionado con $1,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ NH_4 . Y $4,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ NO_3 se obtiene un alto valor en grados Brix (Escorcia, 2018). Tasas crecientes de potasio incrementan su contenido de K en hojas y frutos, aplicando nitrato de potasio a una dosis de $11,70 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$; a su vez no se indica diferencias significativas de potasio en el contenido foliar (Schawars, y otros, 2018).

Además, (Mixquititla, Villegas, Andrade, Sotelo, & Cordoso, 2020), mencionan en su investigación el uso de K en dosis de 5,7 a $9 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en la fase de fructificación, siendo $7 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ K la más eficiente para producción de fresa en hidroponía ya que incrementa el diámetro del fruto y el rendimiento por planta. Bunemann (1962) y Huget *et. al* (1970) indican que, al incrementar dosis de potasio, el calcio disminuye; mientras que Chourreitah y Bunemann (1962) aplicaron dosis de potasio entre 0,5 a $15 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ encontrando que no existen variaciones con otros elementos.

La composición mineral de los alimentos es importante en la dieta humana, por lo que la fertilización en el cultivo de fresa se ve representada en su fruto. Por tal motivo los sistemas semi hidropónicos se han ido implementando en el país, ya que facilita el control en el cultivo de fresa especialmente en su manejo y control de producción.

Justificación

La producción de fresa se ha ido incrementando por su alta demanda, en Ecuador la variedad Monterrey es una de las más utilizadas para cultivos en hidroponía, por ser muy aceptable en la agro industria y el mercado fresco, debido a su alto valor en °Brix y su alto rendimiento (INTA, 2013). El manejo inadecuado del cultivo puede representar grandes pérdidas ya que los costos de producción de esta fruta son altos, por ello se debe optimizar gastos de producción y generar frutos de calidad.

Algunos agricultores han optado por cultivar en sistemas semi hidropónicos con el fin de incrementar el rendimiento del cultivo, sin tomar en cuenta que la disponibilidad adecuada de nutrientes favorecerá el desarrollo de la planta, tal es el caso del potasio en

fase vegetativa donde bajas concentraciones de este elemento genera desequilibrio osmótico al ingreso de agua en la raíz, provocando la muerte de la planta, que posterior a ello podrá existir pérdidas en la densidad de siembra; no obstante, también existen pérdidas en postcosecha, al no controlar las deficiencias de potasio, para la calidad y tamaño del fruto que afectan a grandes pérdidas económicas las cuales son características muy influyentes en el mercado ecuatoriano.

En la presente investigación se pretende encontrar deficiencias de potasio a diferentes concentraciones en la producción de (*Fragaria x ananassa*) var. Monterrey en un sistema semi hidropónico. Evaluando variables agronómicas para valorar pérdidas rendimiento y producción sobre el impacto económico que se puede generar a mayores deficiencias de potasio.

Objetivos

Objetivo general

Producir Fresa (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencias nutrimentales de Potasio en un sistema semi hidropónico

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de tres dosis de Potasio, sobre las variables agronómicas y productivas de fresa (*Fragaria x Ananassa*).
- Determinar el rendimiento y calidad de fruto por tratamiento expuesto a tres dosis con deficiencia de Potasio.
- Realizar un análisis comparativo de costos mediante el análisis de presupuesto parcial.

Hipótesis

H0: No existen diferencias sobre las variables agronómicas y productivas de “fresa” (*Fragaria x Ananassa*) en los tratamientos evaluados.

H1: Existen diferencias sobre las variables agronómicas y productivas de “fresa” (*Fragaria x Ananassa*) en los tratamientos evaluados.

Capítulo II

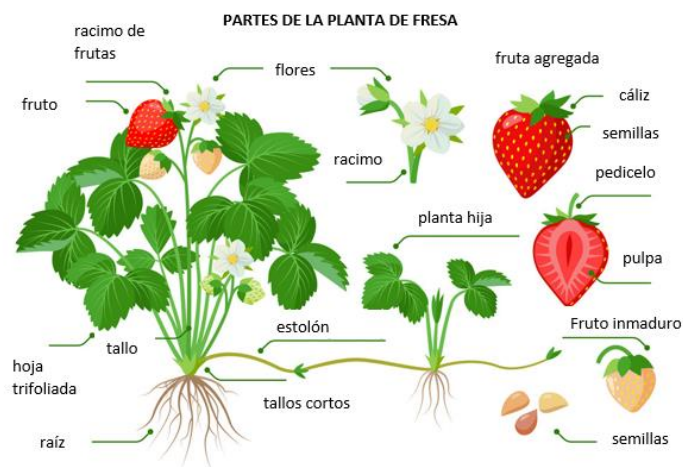
Marco teórico

Generalidades de la fresa

El nombre común es fresa o frutilla, su nombre científico es *Fragaria sp.*, pertenece a la familia de las rosáceas. Es una fruta que se usa para la industria, la culinaria y medicina. Es una planta perenne, con tallos pequeños y cortos, los cuales se transforman en rizoma y de ella surgen las hojas y estolones (Figura 1). Posee raíces de aspecto fibroso, sus raíces primarias pueden medir hasta unos treinta centímetros de profundidad. Las hojas están subdivididas en tres folíolos y poseen un borde en forma de sierra, su grosor depende de la variedad cultivada, su color característico es verde; pero puede ser rojizo en épocas invernales. Las flores suelen estar agrupadas en inflorescencias, en su mayoría son hermafroditas, posee un cáliz con cinco sépalos y una corola con cinco pétalos comúnmente blancos (frutas & hortalizas, 2022). Las fresas en realidad no son frutas, sino el final alargado del estambre de la planta y cuenta con más de 200 semillas en su piel (Marín, 2022).

Figura 1

Partes de la planta de la fresa



Nota. El gráfico indica las partes de la planta de la fresa.
Tomado de (Dremstime, 2022).

Taxonomía de la fresa

La fresa pertenece al orden *Rosales*, familia *Rosaceae* y su género es *Fragaria* especie *Fragaria x ananassa*. (Escobar, 2019).

Variedades de fresas

Las variedades de las fresas se clasifican de acuerdo con la cantidad de horas de luz que requieren, por lo que se tiene variedades de día corto y variedades de día neutro (Portal Frutícola, 2017). En la Tabla 1 se encuentran las variedades y características de las frutillas.

Tabla 1

Variedades de la frutilla y sus características

| | Variedades de día corto | Variedades de día neutro |
|----------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Característica | Requiere menos de 14 horas para producir sus frutos | Pueden florecer y dar frutos independientemente de la duración de los días |
| Variedades | Camarosa, Benicia | Albión, San Andreas y Monterrey |

Nota. Tomado de (Portal Frutícola, 2017).

Variedad de fresa Monterrey

La variedad Monterrey tiene una floración ligeramente más fuerte que Albión, con un patrón de producción similar. La planta es más vigorosa y puede requerir más espacio. Los frutos son grandes, firmes, ligeramente tallados y de color rojo oscuro. El sabor es bueno con un regusto dulce distintivo, algo que no ocurre con frecuencia en las variedades de California. La fresa Monterey es bastante resistente a las enfermedades fúngicas, pero puede contraer mildiu, por lo que debe tratarse contra él (Agrícola LLAHUEN, 2022). Las características principales de esta variedad se enlistan en la

Tabla 2.

Tabla 2*Características de la fresa Monterrey*

| Característica | Descripción |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Facilidad de crecimiento | Fácil |
| Robustez | Las fresas son resistentes durante el invierno y pueden soportar las heladas. Es importante plantar sus bayas en un lugar protegido de las heladas primaverales, ya que las fresas se vuelven muy tiernas una vez que florecen. |
| Condiciones de crecimiento | Las fresas aman el sol. Toleran una sombra moderada, pero producen mucho mejor cuando se plantan en un área que recibe pleno sol durante el día. Las plantas tolerarán las heladas, pero deben protegerse antes. |
| Temperatura de cultivo al aire libre | 12.78°C – 32.22°C |
| Temperatura mínima del suelo al aire libre | 15,56°C |
| Luz | Sol: mín. 6 horas diarias (Frío, Tibio, Caliente) Las fresas deben estar a pleno sol (al menos 6 horas diarias) para obtener la máxima productividad y el mejor sabor. Tolerarán algo de sombra, pero la productividad se verá afectada. |
| Tamaño de la fruta | 2.54-5.08 centímetros |
| Altura de la planta | 15.24-30.32 centímetros |

| | |
|-----------------------|---------------------------|
| Diámetro de la planta | 25.40 -130.48 centímetros |
|-----------------------|---------------------------|

Nota. Tomado de (Smart Gardener, 2022).

Semi- hidroponía

La semi hidroponía es una técnica que se utiliza para cultivar frutales, que tengan un sistema radicular y una parte aérea más desarrolladas, se utilizan bolsas o vasos llenos de arena, perlita, lana de roca, turba o fibra de coco, un ejemplo se puede observar en la Figura 2. El producto sale mucho más limpio y se reduce la utilización de algunos hidroquímicos, por lo que hay una reducción de costos. La semi hidroponía cumple con que los cultivos no se encuentran en el suelo, pero para su realización se utiliza tierra negra y algunos sustratos específicos (Rodriguez, 2018). Las ventajas de este tipo de cultivos son: el aprovechamiento y optimización de cualquier tipo de terreno, asegurar la nutrición de las plantas, mejora el ahorro de agua, facilita el manejo de labores culturales, mejor control de incidencia de hongos y humedad

Figura 2

Cultivo Semi hidropónico de fresas



Nota. Sistema semi hidropónico de fresas.
Tomado de (Calderón, 2003).

Sustratos para semi hidroponía

El soporte para el desarrollo del sistema radicular de las plantas constituye el sustrato, las propiedades que debe cumplir un sustrato incluyen la esterilidad o que permita

la misma, propiedades físicas no alterables en corto tiempo, una alta oxigenación, acompañada de un excelente drenaje. También los sustratos deben tener una retención de humedad de manera homogénea, para garantizar a las plantas el uso de agua como medio para adquirir nutrientes (InfoAgro, 2017).

Existen tres tipos de sustratos, inorgánicos, orgánicos y sintéticos. En los primeros se encuentra la roca volcánica, polvo de piedra, escoria de ladrillo, carbón vegetal, la arena, grava. Entre los sustratos orgánicos se dispone de la fibra de coco, cascarilla de arroz, cascarilla de pergamino de café, aserrines. Finalmente, en los sustratos sintéticos están la espuma de poliestireno y la espuma de poliuretano (Llurba & Bravo, 1997).

Sustrato pomina

Este sustrato tiene su origen volcánico, su principal ventaja es que posee una excelente retención de humedad, tiene una excelente estabilidad física y larga durabilidad. Es completamente estéril desde el punto de vista biológico, mientras no sea combinado con otros materiales (Mora, 1999). Las características físicas y químicas se encuentran en la Tabla 3.

Tabla 3

Características físicas y químicas de la pomina

| Propiedades | Cantidad |
|--------------------------|--------------------------------|
| Granulometría | 2,00 mm 3.7% -850 µm 88,9% |
| Conductividad hidráulica | 4,19 x10 ⁻³ (medio) |
| Capacidad de campo | 36,20% |
| Punto de marchitez | 18,70% |
| Total, agua disponible | 28,70% |
| Porosidad | 24,2 µm |
| pH | 6,4 |
| Conductividad | 0,07 mS·cm ⁻¹ |
| Nitrógeno | 16 ppm |
| Fósforo | 19 ppm |
| Potasio | 60 ppm |

| Calcio | 240 ppm |
|--------------------|-----------------|
| Hierro | 570 ppm |
| Manganeso | 4,3 ppm |
| Propiedades | Cantidad |
| Zinc | 0,3 ppm |
| Cobre | 0,4 ppm |
| Boro | 0,1 ppm |
| Azufre | 21 ppm |
| Aluminio | 1,0 ppm |

Nota. El cuadro describe las propiedades físicas y químicas del sustrato pomina. Tomado de (Mora, 1999).

Soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas tanto para sistemas hidropónicos y semi hidropónicos deben cumplir con ser soluciones acuosas que están compuestas de iones inorgánicos de sales solubles y ciertos compuestos orgánicos. Una solución nutritiva esencialmente está compuesta de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y micronutrientes (López, y otros, 2011). Todos estos elementos determinan las características físicas de la solución.

Solución nutritiva Yamazaki

Existen varias formulaciones de soluciones nutritivas. Los rangos de concentración en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de nutrientes esenciales de acuerdo con el autor Yamazaki se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4

Componentes de la solución Nutritiva Yamazaki

| Nutriente | Cantidad ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) |
|------------------|------------------------------------------------------------|
| N | 77 |
| P | 15 |
| K | 117 |
| Ca | 40 |
| Mg | 12 |
| S | 16 |
| Fe | 1,96 |

| Cu | 0,06 |
|------------------|-------------------------------------|
| Zn | 0,07 |
| Mn | 0,03 |
| Nutriente | Cantidad (mg*L⁻¹) |
| B | 0,02 |
| Mo | 0,05 |

Nota. Tomado de (Asao, 2012).

pH

El pH es un parámetro que se debe mantener en el rango de 5,5 a 6,5 para la solución nutritiva de la fresa. El manejo del pH en una solución es muy importante porque un cambio en el mismo puede modificar la solución nutritiva y no garantiza que los iones se encuentren disponibles para las fresas (Fertilab, 2020).

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica para la frutilla debe encontrarse entre 0,8 y 1,2 dSm⁻¹. Esta influye de manera indirecta en la presión osmótica de la solución nutritiva, debido a que es un índice que define la cantidad total de sales en una solución. La conductividad eléctrica influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Moreano, 2020).

Temperatura y oxigenación

La temperatura ideal de una solución nutritiva debe encontrarse entre 15 y 25°C, para asegurar una solubilidad del oxígeno de 10,08 y 80,25 mgL⁻¹ respectivamente. La absorción de agua y nutrientes se ve afectada por la temperatura y es distinta para cada cultivo (Lara, 1999).

Balance de cationes y aniones

Las plantas absorben de manera diferenciada los nutrientes de las soluciones, es por eso la importancia del balance de cationes y aniones para no afectar el rendimiento de esta (Pérez, 2017).

Macronutrientes

Los macronutrientes son aquellos que se necesitan en grandes cantidades, entre ellos se encuentran el nitrógeno, fósforo y potasio (Tabla 5).

Nitrógeno

Se utiliza para la producción de aminoácidos, los cuales producen proteínas, por lo que es esencial para el crecimiento de las plantas. El exceso de nitrógeno en las fresas dará hojas oscuras, menor cantidad de flores y mayor susceptibilidad a enfermedades (Yara, 2022). Mientras que la deficiencia de nitrógeno causará hojas marchitas y secas, un crecimiento abultado de la raíz y un tallo atrofiado (PennState College of Agricultural Sciences, 2022).

Fósforo

Forma parte de los procesos de fosforilación, fotosíntesis y síntesis debido a que es un componente esencial de la membrana celular. El exceso de fósforo en las plantas provoca hojas con clorosis, quemadura en las puntas y bordes de la hoja; también bloquea a otros elementos esenciales para la planta como el cobre, magnesio, calcio y zinc. La deficiencia de fósforo producirá cambio de coloración en las hojas de las plantas y retraso en el crecimiento (Saltón Verde, 2022).

Potasio

Las principales funciones del potasio en las plantas son activación enzimática, participación en la fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos, balance de agua, actúa en el crecimiento meristemático, también favorece al crecimiento vegetativo, la maduración y calidad de frutos. El exceso de potasio afecta negativamente a las plantas provocando daños por el sodio, debido a la disminución de absorción de agua y bloqueando elementos como el sodio, boro y magnesio (Royal Brinkman, 2022). La deficiencia de potasio en el cultivo de fresas retrasan el crecimiento de la planta, los síntomas se evidencian en las hojas viejas ocasionando un moteado de manchas cloróticas que puede ocasionar necrosis en la punta y rotura del tallo (Figura 3), también provoca una floración lenta o incompleta en la planta (Fertilab, 2017).

Figura 3

Deficiencia de potasio en una planta de fresa.



Nota. La deficiencia de potasio en la fresa provoca que los frutos desarrollados sean de menor tamaño, peso y calidad. Tomado de (Fertilab, 2017).

Micronutrientes

Los micronutrientes son aquellos que las plantas necesitan en pequeñas cantidades como hierro, boro, magnesio, zinc, cobre y molibdeno (Tabla 5). Los micronutrientes normalmente se agregan como productos líquidos con el objetivo de aumentar su disponibilidad. Al tener una alta densidad hay que cuidar la elección del dispersante para evitar sedimentación de los mismos (CRODA, 2020).

Tabla 5

*Niveles nutricionales adecuados en hojas de *Fragaria x ananassa**

| Nutriente | Unidad de medida | Nivel deficiente | Nivel adecuado | Nivel excesivo |
|-----------|---------------------|------------------|----------------|----------------|
| N | % | < 2,0 | 2,6 – 3,5 | > 4,0 |
| P | % | < 0,2 | 0,25 – 0,35 | >0,6 |
| K | % | <1,0 | 1,2 – 2,0 | >3,0 |
| Ca | % | <0,5 | 0,7 – 1,5 | >2,5 |
| Mg | % | <0,1 | 0,25 – 0,4 | >0,8 |
| S | % | <0,1 | 0,15 – 0,35 | >0,8 |
| Fe | mg·kg ⁻¹ | <60 | 100 – 200 | >400 |
| Mn | mg·kg ⁻¹ | <20 | 100 – 250 | >500 |

| Nutriente | Unidad de medida | Nivel deficiente | Nivel adecuado | Nivel excesivo |
|-----------|---------------------|------------------|----------------|----------------|
| Zn | mg·kg ⁻¹ | <15 | 30 – 80 | >150 |
| Cu | mg·kg ⁻¹ | <2 | 5 – 15 | >50 |
| B | mg·kg ⁻¹ | <20 | 30 - 100 | >250 |

Tomado de (Hirzel, 2017).

Manejo agronómico de la frutilla

Densidad de siembra

La frutilla Monterrey tiene una densidad de plantación de 62000 plantas por hectárea con una separación de veintisiete centímetros entre plantas (Agrícola LLAHUEN, 2022).

Rendimiento

El potencial rendimiento de la frutilla Monterrey es de 81 Toneladas por Hectárea en una temporada agrícola de un periodo de nueve meses (Agrícola LLAHUEN, 2022).

Cosecha

Para determinar el índice de madurez de la fresa se usa el color de su piel, el mismo que va cambiando. Una frutilla madura cuando más del 50% o 75% de la superficie es de color rojo. Esto varía de acuerdo con las normas de calidad que se empleen (Adriano, 2017). Por lo general son 30 días que se demora en alcanzar su madurez y tamaño. En la Figura 4 se muestra una escala de colores de la frutilla Monterrey y la Tabla 6 contiene su respectiva descripción.

Figura 4

Escala de colores del índice de maduración de la frutilla Monterrey



Nota. La escala de maduración de la frutilla es determinada por la intensidad del color rojo de su piel. Tomado de (Adriano, 2017).

Tabla 6

Tabla descriptiva del índice de maduración de la frutilla Monterrey

| Rango | Descripción |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | Fruto de color blanco verdoso, el fruto tiene ya una madurez fisiológica |
| 1 | Solo existen áreas rosáceas en la zona apical del fruto |
| 2 | Rojo intenso en la zona apical de la fresa |
| 3 | El color rojo se extiende hasta la mitad del fruto y la zona del cáliz es rosácea |
| 4 | Incremento de un color rojo intenso hacia la zona del cáliz |
| 5 | El color rojo intenso aumenta y cubre más de un 75% de la frutilla |
| 6 | El color rojo intenso cubre toda la frutilla |

Nota. La tabla muestra la descripción de la Figura 3 en la cual se observa cómo va cambiando la coloración de la fresa de acuerdo con su etapa de maduración (Adriano, 2017).

El tiempo de espera para la cosecha oscila entre 28 y 30 días; siempre y cuando el ambiente fue óptimo posterior a la primera floración. Existe una gran producción de frutos maduros en el transcurso de los primeros cuatro días de cosecha. Las frutillas deben mantenerse en sombra y se recomienda refrigerarlos inmediatamente. Las recomendaciones que se tienen durante la cosecha es no manipular con fuerza las frutas, para evitar que se maltraten o dañen; por lo que las frutillas se deben cosechar individualmente y deben colocarse inmediatamente en la bandeja. La higiene durante la recolección es importante se exige que los recolectores no tengan las uñas largas y mantengan las manos limpias. En los sistemas semi hidropónicos los frutos se encuentran elevados; por lo que los cosechadores no deben agacharse y pueden realizar esta labor de manera más eficiente y eficaz, porque la cosechan la realizan de pie. No se recomienda realizar la cosecha durante altas temperatura, por lo que se recomienda mantener sombreado los campos o recolectar las frutas temprano en la mañana (Morales, 2017).

Postcosecha

El transporte al sector agroindustrial se debe realizar lo más pronto posible dentro de las primeras 4 horas después de la cosecha. La carga de frutillas se debe efectuar de

manera cuidadosa evitando golpes, también se debe evitar la contaminación de la fruta con partículas de polvo o alguna sustancia ajena (Morales, 2017).

El ambiente ideal postcosecha es un sistema frío o pre enfriado y debe contener bajos niveles de oxígeno para evitar enfermedades producidas por hongos, deshidratación o que el fruto se vuelva acuoso (Morales, 2017).

Capítulo III

Materiales y métodos

Ubicación

Ubicación política territorial de la hacienda “El Prado”

El presente trabajo de investigación se efectuó en el invernadero de horticultura, ubicado en la Hacienda “El Prado”, perteneciente al Campus de la Carrera de Ciencias Agropecuarias de la ESPE- IASA. Perteneció al barrio San Fernando, cantón Rumiñahui provincia de Pichincha (Figura 5).

Figura 5

Ubicación del invernadero de horticultura.



Nota: Tomado de (Google Maps, 2022).

Ubicación geográfica y condiciones agroecológicas

Las instalaciones de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, se encuentra a una longitud de $78^{\circ}24'44''$ E, latitud $0^{\circ}23'20''$ S a 2748 msnm, su piso altitudinal es montano bajo con una región latitudinal templada. La temperatura promedio es de $13,69^{\circ}\text{C}$ con precipitaciones de 1332,72 mm y una humedad relativa de 3,92% (Arce, 2019).

Las condiciones climáticas en el invernadero de horticultura del IASA donde se realizó la investigación, tuvo una radiación de $658,91 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, con una humedad relativa de 40,16% y una temperatura de 18,4 °C.

Instalación del sistema semi hidropónico

Para la siembra, se prepararon fundas con dimensiones de 0,1*0,20 m donde se colocó pomina al 100% sin tamizar, con diferentes granulometrías, de porosidad y estructura granular media, para el posterior trasplante de las plántulas. Para el experimento se instaló un sistema de riego por goteo de doble estaca, con goteros múltiples de $1,6 \text{ L}\cdot\text{H}^{-1}$ de caudal, automatizado con un temporizador digital que puede controlar 8 programas de encendido y apagado del sistema; en la fertilización, se utilizaron tres tanques para las diferentes soluciones probadas en el experimento y en cada uno de ellos se colocaron bombas sumergibles de caudal TRUPER de 350 vatios.

Material vegetal

Para este experimento, se utilizaron plántulas de fresa (*Fragaria x ananassa*) var. Monterrey con densidad de $15\text{pts}\cdot\text{m}^{-2}$ de foto periodo neutro y fácil adaptación para sistemas semi hidropónicos.

Desinfección de plantas

Previo a la siembra, las plantas fueron desinfectadas en PENTACLORONITROBENCENO (Terraclor) $3 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ y PROPAMOCARB HYDROCHLORIDE (Previlan) $3 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ por diez minutos de cada químico, y se realizó un corte a la raíz para estimular su crecimiento.

Trasplante y riego

Posterior a la desinfección se realizó el trasplante a raíz desnuda, una planta por funda. El riego se programó a 5 pulsaciones con duración de un minuto. Se regó por 15 días después del trasplante (ddt), con agua cruda, hasta observar la aparición de dos a tres hojas nuevas, posterior a ello se inició con la fertirrigación de las diferentes dosis. Además,

se controló el pH en un rango de 5,6 a 6,5 y una conductividad eléctrica de 0,8 a 1,2 dS·m⁻¹ semanalmente.

Preparación de las soluciones nutritivas

Para este experimento, se utilizó como base la solución nutritiva propuesta por Yamazaki (1997), formulando e igualando las cantidades de K para cada tratamiento; luego se prepararon 2 soluciones madres; la solución A para los nitratos de amonio (NH₄NO₃), potasio (KNO₃) y calcio (Ca (NO₃)₂) y la solución B para los quelatos de hierro (EDDHA 6%), cobre (EDTA 9%), manganeso (EDTA 13%), zinc (EDTA 15%), fosfato monopotásico (KH₂PO₄), sulfato de potasio (K₂SO₄), sulfato de magnesio (MgSO₄), ácido bórico (H₃BO₃) y molibdato de amonio ((NH₄)₆Mo₇O₂₄).

Fertilización Inicial

Para la adaptación al sustrato y para homogeneizar el tamaño de las plantas se fertilizó con una solución nutritiva completa, a partir de los 16 días después del trasplante, durante 25 días (Tabla 7).

Tabla 7

Requerimiento para la formulación de la Solución Yamazaki expresada en meq·L⁻¹.

| | Requerimiento | | | | | | |
|----------------------------------------|------------------------------|------------------|----------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | NH ₄ ⁺ | Ca ²⁺ | K ⁺ | Mg ²⁺ | NO ₃ ²⁻ | H ₂ PO ₄ | SO ₄ ²⁻ |
| Cantidades (meq·L⁻¹) | 0,5 | 2 | 3 | 1 | 5 | 0,5 | 1 |

Nota. Elementos de requerimiento en solución Yamazaki.

Fertilización Final

A los 41 ddt se realizó un lavado del sustrato por cuatro días, mediante riego con agua cruda. Y se dio inicio con la fertirrigación de los tratamientos a los 45 ddt con diferentes dosis de K (4 meq·L⁻¹, 2,25 meq·L⁻¹ y 0,5 meq·L⁻¹) (Tabla 8), durante 30 días.

Tabla 8

Requerimiento en meq·L⁻¹ de los tratamientos con diferentes concentraciones de K

| Tratamiento | Requerimiento (meq·L ⁻¹) | | | | | | |
|-------------|--------------------------------------|------------------|----------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | NH ₄ ⁺ | Ca ²⁺ | K ⁺ | Mg ²⁺ | NO ₃ ²⁻ | H ₂ PO ₄ | SO ₄ ²⁻ |
| T1 | 0,8 | 5,2 | 4 | 3 | 8,3 | 1,6 | 3 |
| T2 | 0,8 | 5,2 | 2,25 | 3 | 8,3 | 1,6 | 3 |
| T3 | 0,8 | 5,2 | 0,5 | 3 | 8,3 | 1,6 | 3 |

Nota. T1:4 meq·L⁻¹ de K, T 2: 2.25 meq·L⁻¹ de K y T 3: 0.5 meq·L⁻¹ de K.

Manejo del cultivo

Podas

Se realizaron podas de las hojas senescentes y flores hasta los 45 ddt para favorecer el desarrollo vegetativo de la planta, se cortaron los estolones de todas las plantas antes de comenzar con la fertiirrigación de los diferentes tratamientos con alteraciones en potasio.

Manejo de malezas

Las malezas fueron controladas de forma manual cada 15 días ya que la incidencia de esta es baja en sistemas semi hidropónicos.

Manejo de plagas

Se realizó una aplicación con CARTAP (PADAN 50 SP) a una dosis de 0,75 g·L⁻¹ a los 65 ddt para el ataque de lepidópteros. A partir de los 50 ddt se cubrió con malla negra el cultivo para evitar el ataque de pájaros en los frutos.

Diseño experimental

Factores y tratamiento

Se evaluó el efecto de tres soluciones nutritivas basadas en Yamazaki sobre el crecimiento y producción de fresa (*Fragraria Ananassa*) var. Monterrey. El factor de estudio fueron las dosis con diferentes niveles de deficiencia en potasio con 4 meq·L⁻¹ (T1), 2,25 meq·L⁻¹ (T2) y 0,5 meq·L⁻¹(T3) (Figura 6).

Tipo de diseño experimental

Para esta investigación las variables agronómicas y productivas se caracterizaron mediante estadística descriptiva. El diseño implementado fue completamente al azar (DCA), con cuatro repeticiones, el modelo matemático que se usó es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \delta_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Producción de las plantas de frutilla

μ = Media general

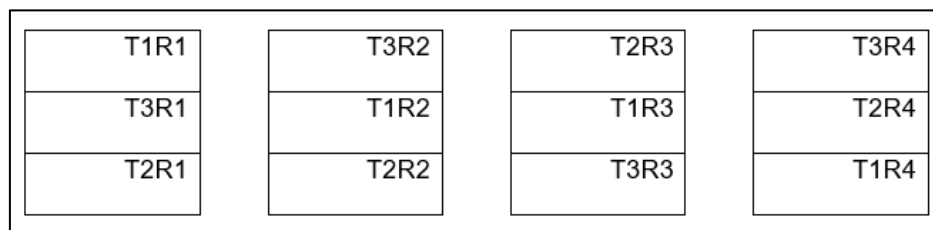
δ_i = Efecto del i-ésima dosis de K en la fertilización

e_{ij} = Error experimental.

Las parcelas se aleatorizaron de la siguiente manera en la figura 5.

Figura 6

Disposición de los tratamientos en campo



Nota: T1=4 meq·L⁻¹ de K; T2=2,25 meq·L⁻¹ de K; T3=0,5 meq·L⁻¹ de K.

Características de la Unidad Experimental

Se establecieron doce unidades experimentales y cada una fue formada por diez plantas de fresa, siendo evaluadas a los 70 ddt.

Análisis estadístico

Todos los datos recolectados fueron analizados en el software INFOSTAT y se realizó el análisis de varianza (ANAVA) para las variables agronómicas y productivas; se encontró diferencias entre tratamientos utilizando una prueba de comparación de medias de

LSD Fisher con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Para las variables, número de estolones, flores y frutos se analizó con estadística descriptiva.

Variables de crecimiento

Altura de planta y de raíz. Usando un flexómetro se tomó la altura desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más larga, mientras que para la longitud de raíz se tomó cuatro plantas por cada tratamiento, sacando la planta completa de cada funda, posterior a ello se lavó la raíz con agua y se midió con un flexómetro la longitud de raíz, desde el cuello de la planta hasta la punta de la raíz.

Número de hojas y estolones. Se contaron las hojas y estolones por cada corona existente al mismo tiempo.

Contenido de clorofila y Nitrógeno. Esta variable se midió mediante un medidor de clorofila HANSATECH modelo CL-01, esto se realizó en el tercer foliolo de la planta. Para la medición de nitrógeno se utilizó la escala de Yépez (2018).

Peso fresco y seco. Por cada tratamiento se seleccionaron cuatro plantas, las cuales se lavaron con agua retirando restos de sustrato pomina, se dejó secar a temperatura ambiente y posterior a ello se tomó el peso de la parte vegetativa y por separado el peso de la raíz. Las mismas muestras fueron colocadas en fundas de papel, y se las secó en la estufa por 24 horas a una temperatura de 100°C para luego ser pesadas en una balanza de precisión.

Variables de producción

Peso y tamaño del fruto. Se recolectaron frutos para cada tratamiento y fueron pesados en una balanza digital marca Mettler Toledo, (con el peso de los frutos se obtuvo el rendimiento y productividad de cada tratamiento) para el tamaño del fruto se midió con parquímetro la longitud y diámetro.

Sólidos solubles (°Brix). De cada tratamiento se recolectaron frutos para extraer el jugo, se colocó una gota en el refractómetro portátil y se realizó la medición.

Dureza de fruto. Usando un penetrómetro, se midió la dureza del fruto en $\text{kg}\cdot\text{fuerza}^{-1}$, sosteniendo e insertando el equipo en el centro gravimétrico del fruto.

Número de flores y frutos. Se contabilizaron las flores y frutos de las plantas seleccionadas para la medición de variables.

Rendimiento. Se cosecharon y pesaron los frutos a los 70 ddt del cultivo una sola vez y se obtuvo el rendimiento y productividad.

Análisis foliar

Se realizó a los 70 ddt seleccionando la tercera hoja desarrollada de las plantas de cada tratamiento, las hojas fueron lavadas con jabón de pH neutro y dejándolas secar a temperatura ambiente, posterior a ello se enviaron al laboratorio en fundas ziploc etiquetadas.

Evaluación Económica

Se evaluaron los tres tratamientos mediante un análisis de presupuesto parcial, utilizando la metodología de Perrin. (2006).

Capítulo IV

Resultados y discusión

Variables de Crecimiento

Altura de la planta, número de hojas y estolones

Los resultados muestran diferencias significativas a los 70 ddt bajo el efecto de los tratamientos en altura de la planta ($F_{2;27} = 16,41; p < 0.001$). No se encontraron diferencias significativas para las variables número de hojas ($F_{2;27} = 0,50; p = 0,6131$) y número de estolones ($F_{2;27} = 1,86; p \leq 0.1755$) en los diferentes tratamientos.

Tabla 9

Promedio \pm desviación estándar de altura de planta (cm), número de hojas y estolones en fresa var. Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K.

| Variables de Respuesta | Tratamientos | | |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | T1 | T2 | T3 |
| Altura de la planta (cm) | 26,40 \pm 1,90 a | 25,20 \pm 2,49 a | 21,70 \pm 1,06 b |
| Número de hojas | 8,20 \pm 1,55 a | 8,20 \pm 2,25 a | 7,40 \pm 2,32 a |
| Número de estolones | 2,80 \pm 1,03 a | 2,20 \pm 1,14 a | 2,00 \pm 0,67 a |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p=0.05$). T1=4 meq·L⁻¹ de K; T2=2,25 meq·L⁻¹ de K; T3=0,5 meq·L⁻¹ de K.

El tratamiento T3 (0,5 meq·L⁻¹) presentó menor altura de planta (21,70 \pm 1,06 cm) con respecto a los tratamientos T1 (4 meq·L⁻¹) y T2 (2,25 meq·L⁻¹) (Tabla 9).

Existen diferencias entre altura de la planta en los diferentes tratamientos, pese a que en la variable número de hojas y estolones no se evidenció diferencias significativas, las plantas al encontrarse a bajas concentraciones de potasio presentan menor altura. Malvi (2011) concluyó que a menores dosis de potasio la cantidad de calcio disminuye e incrementa el magnesio por lo que se estimula la actividad del potasio, siendo así que la división y expansión celular meristemática aumenta. Esto se evidenció a los 70 ddt en el T1

(4 meq·L⁻¹) donde se obtuvo una altura promedio de (26,40 cm) en comparación al resto de los tratamientos. Esto coincide con el estudio de Encalada (2020), evaluó la solución Yamazaki a los 80ddt sobre la altura de la planta obteniendo un promedio de 24,7 cm a dosis de 3,9 meq·L⁻¹ de potasio.

Longitud de raíz, peso fresco y seco.

Se muestra resultados con diferencias significativas a los 70ddt bajo el efecto de los tratamientos sobre el peso fresco foliar ($F_{2,9} = 26,40; p \leq 0,0002$), peso seco foliar ($F_{2,9} = 32,95; p = 0,0001$). Además, se encontraron diferencias significativas sobre la longitud de raíz ($F_{2,9} = 24,55; p = 0,0002$), peso fresco de raíz ($F_{2,9} = 19,92; p \leq 0,0001$) y peso seco de raíz ($F_{2,9} = 29,73; p \leq 0,0010$).

Tabla 10

Promedio \pm desviación estándar de longitud de raíz (cm), peso fresco y seco (g) en fresa var.

Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K

| Tratamiento | T1 | T2 | T3 |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Peso fresco foliar (g) | 76,18 \pm 0,63 a | 74,58 \pm 0,61 a | 67,00 \pm 3,19 b |
| Peso seco foliar (g) | 13,13 \pm 0,26 a | 12,75 \pm 0,19 a | 11,53 \pm 0,39 b |
| Longitud de raíz (cm) | 36,88 \pm 0,85 a | 35,88 \pm 0,48 a | 33,63 \pm 0,63 b |
| Peso fresco raíz (g) | 32,43 \pm 0,93 a | 24,83 \pm 0,77 c | 29,40 \pm 0,36 b |
| Peso seco raíz (g) | 3,6 \pm 0,08 a | 2,70 \pm 0,08 c | 3,08 \pm 0,26 b |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p=0.05$). T1=4 meq·L⁻¹ de K; T2=2,25 meq·L⁻¹ de K; T3=0,5 meq·L⁻¹ de K.

La solución del tratamiento T3 (0.5 meq·L⁻¹) presentó menor peso fresco foliar (67,00 \pm 3,19 g), peso seco foliar (11,53 \pm 0,39 g), longitud de raíz (33,63 \pm 0,63 cm) con relación al resto de las soluciones. El tratamiento T2 (2,25 meq·L⁻¹) presentó menor peso fresco de raíz (24,83 \pm 0,77 g) y menor peso seco de raíz (2,70 \pm 0,08 g) con respecto al resto de tratamientos (Tabla 10 y Figura 7).

Figura 7

Imagen de raíz en los diferentes tratamientos en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K.



Nota: Se observa como los carbohidratos se mueven en la planta para los diferentes tratamientos. T1=4 meq·L⁻¹ de K¹; T2=2,25 meq·L⁻¹ de K; T3=0,5 meq·L⁻¹ de K.

La longitud de raíz, peso seco y fresco de planta se ven influenciados por varios factores, sin embargo, uno de los principales es contenido de nutrientes que se brinda a la planta como es nitrógeno, fósforo y potasio; siendo la deficiencia de potasio influyente en el crecimiento de la planta, presentando longitudes pequeñas y crecimiento lento en su sistema radicular (Roberts, 1997). Esto se evidenció a los 70 días después del trasplante (ddt) en plantas fertirrigadas con solución Yamazaki a diferentes concentraciones de K, donde se presentó en T3 (0,5 meq·L⁻¹) menor promedio de longitud de raíz (32,30 cm) y T1 (4 meq·L⁻¹) mayor promedio de longitud de raíz (36,73 cm). De manera similar, Encalada (2020), evaluó el efecto de la solución Yamazaki en variedad Monterrey sobre el crecimiento de las plantas obteniendo menor peso radicular con promedios similares a concentración de 3 meq·L⁻¹ en K, es decir a menores dosis a partir de la mencionada se verá menor crecimiento en longitud de raíz y se espera mayor longitud de raíz a las mayores dosis de 3 meq·L⁻¹ en K.

Por otro lado el peso de la planta en la parte foliar se ve influenciado por la apertura y cierre de estomas ya que el potasio se acumula alrededor de los mismos, donde por medio de osmosis las células se hinchan con agua, por ello la deficiencia de potasio puede causar pérdida de agua en las plantas generando menor peso fresco (Latta, 1992), posterior a ello la deficiencia de potasio incrementa la formación de carbohidratos (FAO, 1992) influyendo en el peso seco de la planta especialmente en la raíz ya que existe mayor concentración de carbohidratos a diferencia de otras partes de la planta. En el presente estudio se evidencio que existe menor promedio foliar en T3 ($0.5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$), en peso fresco (67,00 g) y peso seco foliar (11,53 g), mientras que en T2 ($2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$) se obtuvo menor peso fresco promedio de raíz (24,83 g) y peso seco promedio raíz (2,70 g) en relación al resto de tratamientos. Siendo así que los resultados obtenidos coinciden con Jara & Suni (1999), demostraron que a dosis menores a $5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K en la solución nutritiva, influye el peso fresco y seco disminuyen a bajas concentraciones de K.

Contenido de clorofila y Nitrógeno

Se encontró diferencias significativas para los diferentes tratamientos a los 70ddt sobre el contenido de clorofila ($F_{2;27} = 9,59; p \leq 0,0007$) y contenido de nitrógeno ($F_{2;27} = 9,40; p \leq 0,0008$).

Tabla 11

Promedio \pm desviación de contenido de clorofila (%) y nitrógeno (%) en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K.

| Tratamiento | T1 | T2 | T3 |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Contenido de clorofila (%) | 13,01 \pm 0,94 a | 12,51 \pm 0,73 a | 11,50 \pm 0,66 b |
| Contenido de Nitrógeno (%) | 1,97 \pm 0,17 a | 1,87 \pm 0,11 a | 1,72 \pm 0,10 b |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p=0.05$).

T1= $4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K; T2= $2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K; T3= $0,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K.

La solución T3 ($0,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$) presentó menor contenido de clorofila ($11,50 \pm 0,66 \%$) y de nitrógeno ($1,72 \pm 0,10 \%$), con respecto a las demás soluciones (Tabla 11).

La presencia de potasio combinada con nitrógeno favorece la síntesis de la clorofila y el correcto crecimiento de la planta (Warren, Mcgrath, & Adams, 2005). Por otro lado, Chiqui & Lema (2010) menciona que los correctos niveles de clorofila intervienen en el periodo de fructificación. Esto se evidencio tratamientos T1 ($4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$) y T2 ($2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$), que presentaron mayores promedios de contenido de clorofila y nitrógeno, esto concuerda el estudio de Jackson & Volk (1968) quienes concluyeron que el incremento de potasio en las soluciones fertilizantes aumenta el contenido de clorofila ya que es un activador de enzimas.

Variables de producción

Peso y tamaño del fruto

Los resultados en la tabla 12 muestra diferencias significativas sobre longitud de fruto ($F_{2,9} = 47,69; p < 0,0001$), diámetro del fruto ($F_{2,9} = 4,31; p = 0,0486$) y peso del fruto ($F_{2,9} = 0,52; p < 0,0001$).

Tabla 12

Promedio \pm desviación estándar en longitud fruto (mm), diámetro fruto (mm) y peso fruto (g) en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K.

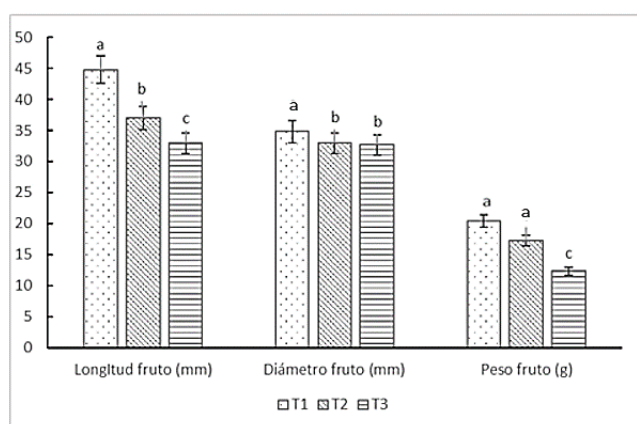
| Tratamiento | T1 | T2 | T3 |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Longitud fruto (mm) | $44,75 \pm 0,42$ a | $36,95 \pm 0,99$ b | $32,93 \pm 0,82$ c |
| Diámetro fruto (mm) | $34,79 \pm 0,12$ a | $32,97 \pm 0,89$ b | $32,65 \pm 0,20$ b |
| Peso fruto (g) | $20,40 \pm 0,23$ a | $17,33 \pm 0,15$ b | $12,38 \pm 0,15$ c |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p=0.05$). T1= $4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K; T2= $2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K; T3= $0,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K.

El tratamiento T3 ($0,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$) presentó frutos con menor longitud ($32,93 \pm 0,82 \text{ mm}$) y peso ($12,38 \pm 0,15 \text{ mm}$) con respecto a los demás tratamientos, mientras los tratamientos T2 ($2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$) y T3 ($0,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$) presentaron menor diámetro ($32,97 \pm 0,89 \text{ mm}$) y ($32,65 \pm 0,20 \text{ mm}$) respectivamente con respecto al tratamiento T1 ($4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$) (Tabla 12, Figura 8 y Figura 9).

Figura 8

Longitud (mm), diámetro (mm) y peso (g) del fruto en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K



Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p=0,05$). T1= $4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K; T2= $2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K; T3= $0,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K

Figura 9

Imagen de frutos en los diferentes tratamientos en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K



Nota: T1= $4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K; T2= $2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K; T3= $0,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K.

La longitud, diámetro y peso de fruto se ven determinados por el potasio el cual mejora la calidad del fruto, extendiendo el periodo de llenado e incrementando el peso (Roberts, 1997). Esto se manifestó en el tratamiento T1 (4 meq·L⁻¹) con mayor longitud (44,75 mm), diámetro (34,79 mm) y peso (20,40 g) en comparación con el resto de tratamientos. Los resultados obtenidos presentan similitudes con Mixquititla *et al.* (2020), en donde se evaluaron tres soluciones nutritivas con variación en potasio de 5 meq·L⁻¹ a 9 meq·L⁻¹ indicando que a mayor concentración de potasio mayor peso, longitud y diámetro en frutos, favoreciendo al mismo tiempo el peso del fruto.

Sólidos solubles (Brix °) y dureza de fruto

Se encontraron diferencias significativas sobre sólidos solubles (°Brix) ($F_{2,9} = 2,31; p < 0,1552$) y dureza de fruto ($F_{2,9} = 7,29; p < 0,0131$).

Tabla 13

*Promedio ± y desviación estándar de los sólidos solubles (°Brix) y dureza (kg*fuerza⁻¹) fruto en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K*

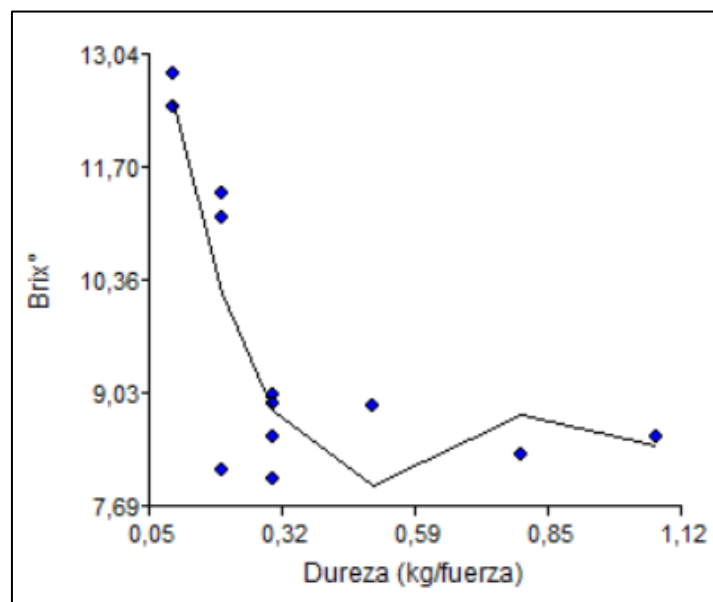
| Tratamiento | T1 | T2 | T3 |
|-----------------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| Sólidos solubles (°Brix) | 11,93 ± 0,81 a | 8,42 ± 0,37 b | 8,63 ± 0,41 b |
| Dureza fruto (kg*fuerza ⁻¹) | 0,15 ± 0,06 b | 0,28 ± 0,05 a | 0,67 ± 0,34 a |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD; p=0.05). T1=4 meq·L⁻¹ de K; T2=2,25 meq·L⁻¹ de K; T3=0,5 meq·L⁻¹ de K

El tratamiento T1 (4 meq·L⁻¹ de K) presentó mayor contenido de sólidos solubles (11,93 ± 0,81 °Brix) y menor dureza de fruto (0,15 ± 0,06 kg*fuerza⁻¹) con respecto a los otros tratamientos (Tabla 13). Se encontró que los grados brix se relacionan con la dureza de acuerdo a la siguiente ecuación: $\text{brix} = 15,77 - 38,77 \text{ dureza (kg/fuerza)} + 60,43 \text{ dureza (kg/fuerza)}^2 - 28,64 \text{ dureza (kg/fuerza)}^3$ ($R^2=0,74; p=0,0097$) (Figura 10).

Figura 10

Regresión de sólidos solubles (Brix °) y dureza de fruto (kg/fuerza) del fruto en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K.



Nota: La ecuación de esta gráfica $brix = 15,77 - 38,77 \text{ dureza (kg/fuerza)} + 60,43 \text{ dureza (kg/fuerza)}^2 - 28,64 \text{ dureza (kg/fuerza)}^3$

El contenido de sólidos solubles y dureza de frutos se ven afectados en gran parte por las carencias de potasio a nivel del fruto, este elemento influye en el transporte de azúcares, color, aroma y almidones, actuando sobre la calidad del fruto (Roberts, 1997). Estos antecedentes se dan cuenta en el tratamiento T1 ($4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$) con mayor cantidad de sólidos solubles (11,93 Brix °). Lo mismo sucede al comparar los resultados con el estudio de Juárez *et al.* (2007) quienes reportaron que a mayores concentraciones de $3 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en potasio, existirá mayor cantidad de sólidos solubles. Cabe mencionar que Roudeillac y Trajkovski (2004), indican que la calidad de fruto para postcosecha debe encontrarse entre 7 a 12 Brix °.

Número de flores y frutos

No se encontraron diferencias significativas en el número de hojas y estolones sobre los diferentes tratamientos a los 70 ddt, por lo que se realizó un análisis descriptivo mediante

una tabla de frecuencia sobre el número de flores de cada planta de las diferentes dosis, donde se encontró que en T1 (4 meq·L⁻¹ de K) hubo un 20% de plantas con una y dos flores respectivamente, en el T2 (2,25 meq·L⁻¹) un 50% de plantas con una flor y en el T3 (0,5 meq·L⁻¹) que el 0% de las plantas no presentan flores (Tabla 14 y Tabla 15).

Tabla 14

Tabla de frecuencias de número de flores con en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K

| Tratamiento | Nº de Flores | Frecuencia | Frecuencia Relativa | Porcentaje % |
|-------------|--------------|------------|---------------------|--------------|
| T1 | 0 | 6 | 0,60 | 60 |
| | 1 | 2 | 0,20 | 20 |
| | 2 | 2 | 0,20 | 20 |
| T2 | 0 | 5 | 0,50 | 50 |
| | 1 | 5 | 0,50 | 50 |
| | 2 | 0 | 0,00 | 0 |
| T3 | 0 | 8 | 0,80 | 80 |
| | 1 | 0 | 0,00 | 0 |
| | 2 | 2 | 0,20 | 20 |

Nota: T1=4 meq·L⁻¹ de K; T2=2,25 meq·L⁻¹ de K; T3=0,5 meq·L⁻¹ de K.

Tabla 15

Tabla de frecuencias de número de frutos con en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K

| Tratamiento | Nº de Frutos | Frecuencia | Frecuencia Relativa | Porcentaje % |
|-------------|--------------|------------|---------------------|--------------|
| T1 | 0 | 5 | 0,50 | 50 |
| | 1 | 0 | 0,00 | 0 |
| | 2 | 4 | 0,40 | 40 |
| | 3 | 1 | 0,10 | 10 |
| T2 | 0 | 6 | 0,60 | 60 |
| | 1 | 0 | 0,00 | 0 |
| | 2 | 1 | 0,10 | 10 |
| | 3 | 3 | 0,30 | 30 |

| Tratamiento | N° de Frutos | Frecuencia | Frecuencia Relativa | Porcentaje % |
|-------------|--------------|------------|---------------------|--------------|
| T3 | 0 | 7 | 0,70 | 70 |
| | 1 | 0 | 0,00 | 0 |
| | 2 | 1 | 0,10 | 10 |
| | 3 | 2 | 0,20 | 20 |

Nota: T1=4 meq·L⁻¹ de K; T2=2,25 meq·L⁻¹ de K; T3=0,5 meq·L⁻¹ de K.

El número de flores y frutos se ve influenciado en gran parte por el potasio, al existir una deficiencia de este nutriente la floración será lenta o incompleta (Fertilab, 2017) . En el presente estudio se evidenció que el número de flores y frutos existe un mayor porcentaje en el tratamiento T1 con dosis de 4 meq·L⁻¹ en K, sin embargo, a medida que el tratamiento disminuye la concentración en potasio existen mayor aborto de flores y menor cuaje de frutos. Lo que coincide con Encalada (2020), donde se evaluó diferentes soluciones nutritivas obteniendo mayor producción de flores y frutos con concentraciones superiores a 4 meq·L⁻¹. Cabe señalar que el presente proyecto se tomó el muestreo a los 70 ddt mientras que en el estudio de Encalada (2020) lo realizó a los 140 ddt.

Análisis Foliar

En la tabla 16 se presenta los resultados para el contenido de potasio y ceniza, en el tratamiento T1 (4 meq·L⁻¹) tiene mayor porcentaje de potasio con 0,42%, mientras que el T3(0,5 meq·L⁻¹) tiene el menor porcentaje de potasio con 0,31%.

Tabla 16

Contenido de potasio y ceniza para los tratamientos en frutilla variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K

| Tratamiento | T1 | T2 | T3 |
|--------------------------|------|------|------|
| Contenido de potasio (%) | 0,42 | 0,39 | 0,31 |
| Ceniza (%) | 2,07 | 1,89 | 1,88 |

Nota: T1=4 meq·L⁻¹ de K; T2=2,25 meq·L⁻¹ de K; T3=0,5 meq·L⁻¹ de K

Para la ceniza encontramos el mayor contenido de ceniza en el tratamiento T1 ($4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$) mientras que el de menor contenido de ceniza fue el T3 ($0,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$) con 1,88% (Tabla 12).

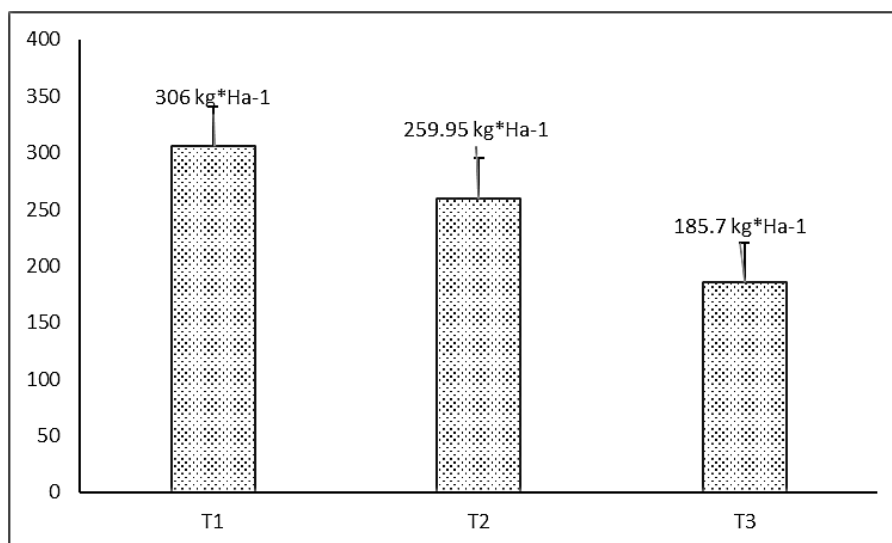
El análisis foliar del presente estudio se comparó con valores reportados por Bolda *et.al.* (2012) quienes mencionan que la concentración de potasio en precosecha es de 1,5% a 2,5 % y para la cosecha de 0,2% a 0,4 % en hojas de fresa. Para lo cual el macronutriente de potasio en los tratamientos se encuentran a niveles adecuados para la producción de fresa.

Rendimiento

En la figura 11 se presenta los resultados del rendimiento a partir del número de frutos presentado en la tabla 15, Sin embargo, para un mejor análisis se encontró la media para el rendimiento del tratamiento T1 ($4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K) fue de $306 \text{ kg}\cdot\text{Ha}^{-1}$; para T2 ($2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K) con $259,95 \text{ kg}\cdot\text{Ha}^{-1}$ y para T3 ($0,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K) fue $185,7 \text{ kg}\cdot\text{Ha}^{-1}$ de fresas.

Figura 11

Gráfico de rendimiento en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K.



Nota: T1= $4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K; T2= $2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K; T3= $0,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de K.

Se encontró que el tratamiento T1(4 meq·L⁻¹) presentó mayor rendimiento de frutos (306 kg·Ha⁻¹) con relación al resto de tratamientos. De manera similar esto coincide con el estudio de Mixquititla *et al.* (2020), en el cual evaluaron dosis 7 meq·L⁻¹ a 9 meq·L⁻¹ de potasio, obtuvieron un rendimiento de 4335 kg·Ha⁻¹ a 7 meq·L⁻¹ de K, es decir al incrementar la concentración de potasio en la solución nutritiva se obtendrá mejores resultados sobre el rendimiento de frutos.

Evaluación económica

El análisis de presupuesto parcial permitió determinar el beneficio neto (USD) para cada uno de los tratamientos, en T1(4 meq·L⁻¹) se obtuvo un beneficio neto de 604, 17 USD, T2 (2,25 meq·L⁻¹) con 593,09 USD y T3 (0.5 meq·L⁻¹) de 561,24 USD (Tabla 17).

Tabla 17

Presupuesto parcial del experimento en fresa variedad Monterrey fertirrigadas con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K

| Costos variables | T1 | T2 | T3 |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Fertilizantes | | | |
| Nitrato de amonio | | | |
| Cantidad (kg) | 0,128 | 0,128 | 0,064 |
| Valor (USD) | 1,023 | 1,023 | 1,023 |
| Subtotal (USD) | 0,13 | 0,13 | 0,07 |
| Nitrato de calcio | | | |
| Cantidad (kg) | 0,8528 | 0,8528 | 0,8528 |
| Valor (USD) | 0,4348 | 0,4348 | 0,4348 |
| Subtotal (USD) | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| Nitrato de potasio | | | |
| Cantidad (kg) | 202 | 172,88 | |
| Valor (USD) | 0,21 | 0,18 | |
| Subtotal (USD) | 42,42 | 31,184 | |
| Fosfato mono potásico | | | |
| Cantidad (kg) | 0,4352 | 0,4352 | 0,136 |
| Valor (USD) | 2,64 | 2,64 | 2,64 |

| Costos variables | T1 | T2 | T3 |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Fertilizantes</i> | | | |
| Subtotal (USD) | 1,15 | 1,15 | 0,36 |
| Sulfato de magnesio | | | |
| Cantidad (kg) | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| Valor (USD) | 0,66 | 0,66 | 0,66 |
| Subtotal (USD) | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| Ácido bórico | | | |
| Cantidad (kg) | 0,0056 | 0,0056 | 0,0056 |
| Valor (USD) | 2,2 | 2,2 | 2,2 |
| Subtotal (USD) | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Sulfato de Zinc | | | |
| Cantidad (kg) | 0,00396 | 0,00396 | 0,00396 |
| Valor (USD) | 185 | 185 | 185 |
| Subtotal (USD) | 0,73 | 0,73 | 0,73 |
| Sulfato de cobre | | | |
| Cantidad (kg) | 0,00108 | 0,00108 | 0,00108 |
| Valor (USD) | 4,07 | 4,07 | 4,07 |
| Subtotal (USD) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sulfato manganoso | | | |
| Cantidad (kg) | 0,00362 | 0,00362 | 0,00362 |
| Valor (USD) | 1,76 | 1,76 | 1,76 |
| Subtotal (USD) | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Quelato de hierro | | | |
| Cantidad (kg) | 0,0666 | 0,0666 | 0,0666 |
| Valor (USD) | 9,68 | 9,68 | 9,68 |
| Subtotal (USD) | 0,64 | 0,64 | 0,64 |
| Molibdato de sodio | | | |
| Cantidad (kg) | 0,00054 | 0,00054 | 0,00054 |
| Valor (USD) | 45 | 45 | 45 |
| Subtotal (USD) | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Ácido nítrico | | | |
| Cantidad (kg) | 0,2079 | 0,2079 | 0,2079 |
| Valor (USD) | 1,285 | 1,285 | 1,285 |
| Subtotal (USD) | 0,27 | 0,27 | 0,27 |

| Costos variables | T1 | T2 | T3 |
|-------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Fertilizantes | | | |
| Ácido fosfórico | | | |
| Cantidad (kg) | 0,02744 | 0,02744 | 0,02744 |
| Valor (USD) | 0,954 | 0,954 | 0,954 |
| Subtotal (USD) | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Fosfato monoamónico | | | |
| Cantidad (kg) | 0,092 | 0,092 | 0,092 |
| Valor (USD) | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Subtotal (USD) | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| Insumos | | | |
| Mangueras flexibles | | | |
| Cantidad (unidad) | 50,00 | 50,00 | 50,00 |
| Valor (USD) | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Subtotal (USD) | 6,50 | 6,50 | 6,50 |
| Tee Flex de 16mm | | | |
| Cantidad (unidad) | 10,00 | 10,00 | 10,00 |
| Valor (USD) | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| Subtotal (USD) | 1,70 | 1,70 | 1,70 |
| Codo Flex 16mm | | | |
| Cantidad (unidad) | 10,00 | 10,00 | 10,00 |
| Valor (USD) | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Subtotal (USD) | 1,40 | 1,40 | 1,40 |
| Tapón fin de 52, línea 16mm tipo 8 | | | |
| Cantidad (unidad) | 10,00 | 10,00 | 10,00 |
| Valor (USD) | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| Subtotal (USD) | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| Gotero PCJ LCNL 8ph | | | |
| Cantidad (unidad) | 60,00 | 60,00 | 60,00 |
| Valor (USD) | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Subtotal (USD) | 8,40 | 8,40 | 8,40 |
| Kit 4 salida gotero estaca 50 cm manguera | | | |
| Cantidad (unidad) | 60,00 | 60,00 | 60,00 |
| Valor (USD) | 0,88 | 0,88 | 0,88 |

| Costos variables | T1 | T2 | T3 |
|-------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Fertilizantes | | | |
| Subtotal (USD) | 52,80 | 52,80 | 52,80 |
| Tubo E/C 32mm x 6M. 1.25 MPA (181 psi) | | | |
| Cantidad (unidad) | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Valor (USD) | 5,57 | 5,57 | 5,57 |
| Subtotal (USD) | 11,14 | 11,14 | 11,14 |
| Codo E/C 32mm x 90 | | | |
| Cantidad (unidad) | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Valor (USD) | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| Subtotal (USD) | 5,40 | 5,40 | 5,40 |
| Adapt. Hembra C/R 32mm x 1 AG | | | |
| Cantidad (unidad) | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
| Valor (USD) | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| Subtotal (USD) | 2,88 | 2,88 | 2,88 |
| Bushing PVC R/R 1" x ¾ | | | |
| Cantidad (unidad) | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Valor (USD) | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Subtotal (USD) | 1,20 | 1,20 | 1,20 |
| Neplo flex 16mm x ½" | | | |
| Cantidad (unidad) | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Valor (USD) | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| Subtotal (USD) | 0,69 | 0,69 | 0,69 |
| Filtro disco ¾ "IDC | | | |
| Cantidad (unidad) | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Valor (USD) | 10,50 | 10,50 | 10,50 |
| Subtotal (USD) | 31,50 | 31,50 | 31,50 |
| Reductor R/R 3-4" x ½" PVC | | | |
| Cantidad (unidad) | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Valor (USD) | 0,39 | 0,39 | 0,39 |
| Subtotal (USD) | 1,17 | 1,17 | 1,17 |
| Adapt. Macho C/R 32 mm x 1" PN16 | | | |

| Costos variables | T1 | T2 | T3 |
|----------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Fertilizantes | | | |
| Cantidad (unidad) | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Valor (USD) | 0,73 | 0,73 | 0,73 |
| Subtotal (USD) | 2,19 | 2,19 | 2,19 |
| Accesorio vario | | | |
| Cantidad (unidad) | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Valor (USD) | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Subtotal (USD) | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Temporizador digital 8 eventos | | | |
| Cantidad (unidad) | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Valor (USD) | 22,32 | 22,32 | 22,32 |
| Subtotal (USD) | 66,96 | 66,96 | 66,96 |
| Bomba sumergible 0.5 HP MONF. 110V | | | |
| Cantidad (unidad) | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Valor (USD) | 117,43 | 117,43 | 117,43 |
| Subtotal (USD) | 352,29 | 352,29 | 352,29 |
| Costos variables totales | 604,92 | 593,61 | 561,64 |
| Precio de campo | | | |
| Valor (USD) | 3,26 | 3,26 | 3,26 |
| Rendimiento medio (kg) | 0,255 | 180 | 135 |
| Rendimiento neto (kg) (10% perdida) | 0,2295 | 0,162 | 0,1215 |
| Beneficio bruto de campo (USD) | 0,74817 | 0,52812 | 0,39609 |
| Beneficio neto (USD) | 604,17 | 593,09 | 561,24 |

Nota. T1 (4 meq·L⁻¹), T2 (2,25 meq·L⁻¹) y T3 (0,5 meq·L⁻¹).

Tabla 18

Análisis de dominancia de tratamientos fertirrigados con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K

| Tratamiento | Beneficio neto (USD) | Costo variable (USD) | Dominancia |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|
| T3 | 561,24 | 561,639914 | D |
| T2 | 593,09 | 593,613674 | ND |
| T1 | 604,17 | 604,915274 | ND |

Nota. T1 (4 meq·L⁻¹), T2 (2,25 meq·L⁻¹) y T3 (0,5 meq·L⁻¹).

Tabla 19

Análisis marginal de tratamientos no dominados fertirrigados con tres soluciones nutritivas a diferentes dosis en K.

| Tratamiento | Costo variable (USD) | Costo variable marginal (USD) | Beneficio neto (USD) | Beneficio neto marginal (USD) | Tasa de retorno marginal (%) |
|--------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| T1 | 604,91 | 11,30 | 604,02 | 11,88 | 96,28 |
| T2 | 593,61 | | 593,14 | | |

Nota. T1 (4 meq·L⁻¹), T2 (2,25 meq·L⁻¹) y T3 (0,5 meq·L⁻¹).

La tasa de retorno marginal indica que el agricultor puede esperar ganar, en promedio, con su inversión (Perrin, 2006), al exponer al cultivo a deficiencias de potasio, la cual en el presente análisis es de 96,28%. El cálculo de presupuesto parcial, se realizó mediante la suma de costos variables por tratamiento, de la cantidad de fertilizantes e insumos empleados. Posteriormente se ajustó el rendimiento, con un 10% de pérdida. El precio de campo, para el cultivo es de 3,26\$. El beneficio bruto de campo se calcula multiplicando el precio de campo por el de campo rendimiento ajustado. El beneficio neto se calcula restando el total de los costos que varían del beneficio bruto de campo, para cada tratamiento.

Para el análisis de dominancia se ordenó los tratamientos de menores a mayores totales de costos que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos. El objeto del análisis marginal es revelar exactamente cómo los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida (Tabla 19).

Para calcular el presupuesto parcial, se siguió la metodología de (Perrin, 2006). Para lo cual se sumó los costos variables por tratamiento, incluyendo los fertilizantes e insumos. El rendimiento obtenido se ajustó con un 10% de pérdida. Se incluye el precio de campo para la frutilla de 3,26\$. La dominancia se obtuvo al ordenar de menor a mayor los costos variables, categorizando a los tratamientos dominados cuando los beneficios netos son menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos (Tabla 18). El análisis marginal se realiza con el objeto de revelar de manera precisa cómo los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida. Este análisis es expresado como porcentaje, en la tasa de retorno marginal que es el beneficio neto marginal dividido por el costo marginal, multiplicada por cien. Siendo así que el análisis de presupuesto parcial permitió determinar que los tratamientos T1(4 meq·L⁻¹), y T2 (2,25 meq·L⁻¹), fueron no dominados, lo cual significa que, si se invierten 11,30 USD para producción de frutillas, se obtendrá una tasa de retorno marginal de 96,28% (Tabla 19).

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se logra evaluar las diferentes soluciones nutritivas en tres diferentes dosis con alteraciones en potasio donde las dosis de $4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ y $2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en K presentaron mejor acción sobre las variables agronómicas en el sistema semi hidropónico en base a solución Yamazaki, obteniendo mayor altura (26,40 cm y 25,20), peso fresco foliar (76,18 g y 74,58 g), peso seco foliar (13,13 g y 12,75 g), longitud de raíz (36,88 cm y 35,88 cm), contenido de clorofila (13,01 % y 12,51 %), contenido de nitrógeno (1,97 % y 1,87%), en comparación con el tratamiento de $0,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en K. Mientras que solo en la dosis de $4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en K se obtuvo mayor peso fresco de raíz (32,43 g) y peso seco de raíz (3,6 g), en comparación de las otras soluciones que presentaron menores valores para las variables descritas.
- La dosis de $4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en K mostró un mejor comportamiento sobre las variables productivas, obteniendo un 40 % de plantas con una y dos flores y un 50% de plantas con dos y tres frutos. con relación al resto de los tratamientos.
- Al los 70 ddt, se determinó que la dosis de $4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en K permitió obtener un mayor rendimiento ($306 \text{ kg}\cdot\text{Ha}^{-1}$), con una calidad de fruto en sólidos solubles de 11,93 °Brix y dureza de $0,15 \text{ kg}\cdot\text{fuerza}^{-1}$. Mientras que se obtuvo a dosis de $2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en K calidad de fruto con sólidos solubles de 8,42 °Brix y $0,28 \text{ kg}\cdot\text{fuerza}^{-1}$ sobre la dosis de $0,5 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en K.
- Se logra realizar un análisis comparativo de costos donde se justifica la aplicación de los tratamientos T1 ($4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$) y T2 ($2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$) en K debido a que se obtuvo una tasa de retorno marginal de 96,28 %, lo cual significa que por cada dólar que se invierte en la producción de fresa fertirrigadas a dosis de $4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ y $2,25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en K se recuperara 0,96 USD.

Recomendaciones

- Se recomienda aplicar fertirrigación en fresa con soluciones nutritivas a $4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en K hasta la fase vegetativa y soluciones nutritivas mayores a $4 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en K para obtener mayor producción en fresa en la fase de floración y fructificación.
- Para observar mayores diferencias significativas sobre las variables agronómicas, el contenido de potasio para análisis foliar y rendimiento, se recomienda realizarlo a partir de los 120 ddt.
- Se recomienda realizar futuras investigaciones con las mismas concentraciones de potasio en los diferentes tratamientos, evaluando el impacto en el crecimiento y rendimiento a diferentes días después del trasplante.

Bibliografía

- Adriano, J. (Febrero de 2017). *Efecto de los ácidos acético y acetilsalicílico en el control fúngico en poscosecha de fresa*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8883/1/T-UCE-0004-06.pdf>
- Agrícola LLAHUEN. (2022). *Variedades Día Neutro*. Obtenido de https://www.llahuen.com/_files/ugd/97db73_7f2524dcd0a243219ac93b89628702fe.pdf
- Arce, M. (2019). Normal climática y distribución de la precipitación de la hacienda El Prado- IASA. *Boletín Técnico*, 8(4-5), 4-5. Recuperado el 07 de 2022, de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-serie-zoologica/article/view/1422>
- Asao, T. (Marzo de 2012). *Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches*. Obtenido de <https://www.intechopen.com/books/1781>
- Bolda, M., Bottoms, T., & Hartz, T. (03 de 2012). Obtenido de [https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=6996#:~:text=Mantener%20potasio%20\(K\)%20arriba%20de,la%20cosecha%20parece%20ser%20adecuado.](https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=6996#:~:text=Mantener%20potasio%20(K)%20arriba%20de,la%20cosecha%20parece%20ser%20adecuado.)
- Bunemann, G. (1962). Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GZg08G80Tu4J:digital.csic.es/bitstream/10261/36655/1/AnuarioCEBAS1979311.pdf+&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=us>
- Calderón, F. (Enero de 2003). *EL CULTIVO HIDROPONICO DE FRESAS*. Obtenido de FINCA FRESAS SANTAMARIA MUNICIPIO DE SUESCA CUNDINAMARCA: http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Cultivo_Hidroponico_de_Fresas/Cultivo_Hidroponico_de_Fresas_Cap_1.htm
- Chiqui, F., & Lema, M. (2010). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4745/1/UPS-CT001855.pdf>

CRODA. (2020). *Micronutrientes (nutrición vegetal)*. Obtenido de

<https://www.crodacropcare.com/es-mx/market-areas/micronutrients>

Dremstime. (1 de Agosto de 2022). *Partes de la fresa, dibujos botánicos*. Obtenido de

<https://es.dreamstime.com/partes-de-fresa-plantas-dibujos-botánicos-con-nombres-vegetales-morfología-conjunto-ilustraciones-vectoriales-aisladas-en-fondo-image181673918>

Encalada, J. (2020). Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24771/1/T->

[IASA%20I-005600.pdf](http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24771/1/T-)

Escobar, M. (Julio de 2019). *Caracterización de levaduras aisladas a partir de frutos de durazno (*Prunus persica*), fresa (*Fragaria vesca*) y manzana (*Malus domestica*)*.

Obtenido de

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30000/1/BQ%20193.pdf>

Escorcía, L. (12 de 2018). Obtenido de

<http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/2319/1/INCREMENTO%20DE%20L>
[A%20CALIDAD%20DE%20FRESA%20MEDIANTE%20CONCENTRACIONES%20](http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/2319/1/INCREMENTO%20DE%20L)
[DE%20K%20y%20Ca%20EN%20LA%20SOLUCI%c3%93N%20NUTRITIVA_compr](http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/2319/1/INCREMENTO%20DE%20L)
[essed.pdf](http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/2319/1/INCREMENTO%20DE%20L)

Fabra, A. (2011). Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/frutilla->

[cultivo-rentable.html](https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/frutilla-)

FAO. (1992). Obtenido de <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>

Fertilab. (2017). *Deficiencias nutrimentales en el cultivo de fresa*. Obtenido de

<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/NTF-19-002-Deficiencias-nutrimentales-en-el-cultivo-de-fresa.pdf>

Fertilab. (2020). *El pH y la Ce de la solución nutritiva*. Obtenido de

<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/El%20pH%20de%20la%20Solucion%20Nutritiva.pdf>

futas & hortalizas. (1 de Agosto de 2022). *FRESA, FRAGARIA VESCA VAR. HORTENSIS / ROSACEAE*. Obtenido de <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Fresa.html#:~:text=La%20fresa%20pertenece%20al%20género,tallos%20son%20pequeños%20y%20cortos.>

Google Maps. (2022). Obtenido de [https://www.google.com.ec/maps/place/IASA/@-](https://www.google.com.ec/maps/place/IASA/@-0.3844411,-78.4166816,17.34z/data=!4m5!3m4!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es)

[0.3844411,-](https://www.google.com.ec/maps/place/IASA/@-0.3844411,-78.4166816,17.34z/data=!4m5!3m4!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es)

[78.4166816,17.34z/data=!4m5!3m4!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!](https://www.google.com.ec/maps/place/IASA/@-0.3844411,-78.4166816,17.34z/data=!4m5!3m4!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es)

[8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es](https://www.google.com.ec/maps/place/IASA/@-0.3844411,-78.4166816,17.34z/data=!4m5!3m4!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es)

Hirzel, J. (2017). Obtenido de [https://www.inia.cl/wp-](https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/17%20Manual%20Frutilla.pdf)

[content/uploads/ManualesdeProduccion/17 Manual Frutilla.pdf](https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/17 Manual Frutilla.pdf)

Huguet, C. (1970). Obtenido de

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GZg08G80Tu4J:digital.csic.es/bitstream/10261/36655/1/AnuarioCEBAS1979311.pdf+&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=us>

InfoAgro. (07 de Junio de 2017). *Tipos de sustratos de cultivo*. Obtenido de

<https://mexico.infoagro.com/tipos-de-sustratos-de-cultivo/>

INTA. (2013). Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ascasubi-](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ascasubi-resumen-ensayo_-variedades__vbrc.pdf)

[_resumen-ensayo_-variedades__vbrc.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ascasubi-resumen-ensayo_-variedades__vbrc.pdf)

Jackson, W., & Volk, R. (1968). The Role of Potassium in Photosynthesis and Respiration.

American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, 109-145.

- Jara, E., & Suni, M. (1999). *Evaluación de soluciones nutritivas para el cultivo hidropónico de "Fresa" *Fragaria x ananassa**. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/biologia/v06_n1/eval_solu.htm
- Juarez, C., Rodríguez, M., Sandoval, M., & Muratalla, A. (2007). Comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 25(1), 17-23. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311513003>
- Lara, A. (Septiembre de 1999). *Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317306.pdf>
- Latta. (1992). Fertilización frutales. En *Fertilización frutales* (2° ed., págs. 9-27). Perú: Pureza.
- Llurba, M., & Bravo, E. (1997). Parámetros a tener en cuenta en los sustratos. *Revista Horticultura* .
- López, P., Montes, A., Rodríguez, S., Torres, N., Rodríguez, M., & Rodríguez, R. (2011). *Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate en cultivo hidropónico*.
- Malvi, R. (2011). Karnataka: Agric. Sci.
- Marín, J. (2022). *Química de las fresas*. Obtenido de https://www.academia.edu/26029810/Química_de_las_Fresas#:~:text=2.,por%20medio%20de%20un%20estolón.
- Mixquititla, G., Villegas, O., Andrade, M., Sotelo, H., & Cordoso, A. (2020). Obtenido de <file:///C:/Users/Marjorie/Downloads/Dialnet-CrecimientoRendimientoYCalidadDeFresaPorEfectoDelR-7575844.pdf>
- Mora, L. (1999). *Sustratos para cultivos sin suelo o hidroponía*. Obtenido de http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_095.pdf

- Morales, C. (2017). *Manual de manejo agronómico de la frutilla*. Obtenido de Instituto de desarrollo agropecuario:
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6713/Boletín%20INIA%20N°%20382?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreano, E. (Septiembre de 2020). *Diseño de un sistema automatizado para un cultivo hidropónico de frutillas en el invernadero de la quinta Aguja de Oro*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8064>
- PennState College of Agricultural Sciences. (2022). *Deficiencia de Nitrógeno*. Obtenido de <https://plantscience.psu.edu/research/labs/roots/methods/metodologia-de-investigacion/observando-los-desordenes-nutricionales-de-las-plantas/deficiencia-de-nitrogeno#:~:text=Las%20hojas%20empiezan%20a%20marchitar,color%20café%20claro%20o%20amarillento.&te>
- Pérez, F. (2017). *Fisiología Vegetal*. Obtenido de <http://www.repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Perrin. (2006). Obtenido de <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>
- Perrin, R., Winkelmann, D., Moscardi, E., & Anderson, J. (2006). *Formulació de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica*. Obtenido de <https://respository.cimmyt.org/handle/10883/3819>
- Portal Frutícola. (Febrerp de 2017). *Guía varietal y fecha de plantación de frutillas (fresas)*. Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/02/28/guia-varietal-y-fecha-de-plantacion-de-frutillas-fresas/>

- Roberts, T. (01 de 1997). *ipni*. Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2473CABE355B4BBE85258012005ECC69/\\$FILE/Art%201.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2473CABE355B4BBE85258012005ECC69/$FILE/Art%201.pdf)
- Rodriguez, E. (26 de Julio de 2018). *En crecimiento: la hidroponía o el cultivo de alimentos sin sustrato*. Obtenido de <http://www.rocagallery.com/es/en-crecimiento-la-hidroponia-o-el-cultivo-de-alimentos-sin-sustrato>
- Roudeillac, P., & Trajkovski, K. (2004). Breeding for fruit quality and nutrition in strawberries. 55-59.
- Royal Brinkman. (2022). *Cómo prevenir una deficiencia de potasio en las plantas*. Obtenido de <https://royalbrinkman.cl/centro-de-conocimiento/cuidado-del-cultivo/como-prevenir-una-deficiencia-de-potasio-en-las-plantas#:~:text=Un%20exceso%20de%20potasio%20podría,especialmente%20sodio%2C%20boro%20y%20magnesio>
- Saltón Verde. (2022). *Síntomas y solución para el exceso o carencia de Fósforo (P) en las plantas de cannabis*. Obtenido de <https://saltonverde.com/sintomas-y-solucion-para-el-exceso-o-deficiencia-de-fosforo-p-en-las-plantas-de-cannabis/>
- Schawars, K., Vilela, J., Pierozan, C., Bier, J., Souza, M. D., & Brendler, F. (03 de 2018). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122018000100114
- Smart Gardener. (2022). *Plant Guide- Strawberry Monterrey*. Obtenido de <https://www.smartgardener.com/plants/673-strawberry-monterrey/overview>
- Warren, C., Mcgrath, J., & Adams, M. (2005). Differential effects of N, P and K on photosynthesis and partitioning of N in Pinus pinaster needles. *Annals of Forest Science*, 1-8.
- Yamazaki, K. (1997). Obtenido de <http://www.dupont.com/products-and-services/fabrics-fibers-nonwovens/fibers/brands/dupont-sorona.html>

Yara. (2022). *Función del nitrógeno en la producción de tomates*. Obtenido de

<https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/tomate/funcion-del-nitrogeno-en-la-produccion-de->

[tomates/#:~:text=Un%20exceso%20de%20nitrógeno%20dará,a%20enfermedades%20y%20estrés%20hídrico.](https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/tomate/funcion-del-nitrogeno-en-la-produccion-de-tomates/#:~:text=Un%20exceso%20de%20nitrógeno%20dará,a%20enfermedades%20y%20estrés%20hídrico.)

Yépez, D. (2018). Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15844/1/T->

[IASA%20I-005462.pdf](http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15844/1/T-)

https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1IVGNuW8Ik7mIH_DMz6aC88bqliiBFD