



Producción de Fresa (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencias nutrimentales de Ca en un sistema

Kratky

Jácome Gusñay, Gabriela Isabel

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Anibal Mgtr.

25 de agosto del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura
Carrera Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Producción de Fresa (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencias nutrimentales de Ca en un sistema Kratky** fue realizado por la señorita **Jácome Gusñay, Gabriela Isabel**; el mismo 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 para verificación y/o análisis de similitud de contenido; razón por el cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 25 de 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**Gabriela Isabel Jácome Gusñay.docx**

Scanned on: 18:17 August 25, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	477
Words with Minor Changes	75
Paraphrased Words	304
Omitted Words	0



Firmado electrónicamente por:

**PABLO ANIBAL
LANDAZURI
ABARCA**

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Anibal Mgtr

C.C.: 1708262348

Director- Tutor del trabajo



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura
Carrera Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Jácome Gusñay, Gabriela Isabel**, con cédula de ciudadanía n° 172155030 7, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Producción de Fresa (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencias nutrimentales de Ca en un sistema Kratky** 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, 25 de agosto del 2022

.....

Jácome Gusñay, Gabriela Isabel

C.C.: 172155030 7



**Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura
Carrera Agropecuaria**

Autorización de Publicación

Yo **Jácome Gusñay, Gabriela Isabel**, con cédula de ciudadanía n° 172155030 7, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Producción de Fresa (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencias nutrimentales de Ca en un sistema Kratky en el Repositorio Institucional**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 25 de agosto del 2022

Jácome Gusñay, Gabriela Isabel

C.C.: 172155030 7

Dedicatoria

Quiero dedicar este logro a la mujer que siempre ha sido un pilar fundamental durante toda mi vida, ya que ella me ha demostrado valores tan importantes como la responsabilidad, la honestidad, la puntualidad y sobre todo me ha enseñado a ser fuerte y persistente en cada momento. Es a ti madre querida Norma, que dedico este proyecto.

A mi hermano Washington y a mi papá Carlos, por haberme apoyado en cada decisión que he tomado y por motivarme a seguir mis metas.

Agradecimiento

A mi familia por estar incondicionalmente durante toda mi carrera, por su paciencia y motivación que me han impulsado a llegar hasta este momento.

Al Ing. Pablo Landázuri por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo junto a él, por sus conocimientos y consejos que me han permitido llevar a cabo esta investigación.

Al Lic. Marco Taco por brindarme apoyo durante la fase de laboratorio para realizar este proyecto.

A mis amigos, Mónica, Pamela, Stalin, Max y uno de mis mejores amigos Xavier, que me apoyaron de una u otra manera y compartieron conmigo momentos inolvidables durante mi vida universitaria y personal.

Índice de contenidos

Carátula	1
Certificación	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	11
Índice de figuras.....	12
Resumen.....	13
Abstract	14
Capítulo I.....	15
Introducción.....	15
Antecedentes	15
Justificación.....	17
Objetivos	18
Objetivo general	18
Objetivos específico.....	18
Hipótesis	18
Capítulo II.....	19
Revisión Literaria	19

Producción de fresa a nivel mundial	19
Producción de fresa en el Ecuador	19
Cultivo de fresa	19
Sistemas de producción	20
Factores ambientales	22
Temperatura.....	22
Luminosidad	22
Plagas y enfermedades más importantes	22
Nutrición en fresa.....	24
Solución nutritiva	25
El calcio	25
Función en las plantas	25
Deficiencia de calcio	26
Capítulo III.....	27
Metodología	27
Características y ubicación	27
Preparación de las plántulas de frutilla	27
Periodo de aclimatación.....	27
Instalación del sistema Kratky	27
Variables a evaluar	30
Variables agronómicas	30
Análisis estadístico	31
Capítulo IV	32
Resultados y discusión	32

Número de hojas.....	32
Largo de la raíz	33
Longitud del pedúnculo.....	34
Clorofila.....	35
Porcentaje de Nitrógeno	36
Dureza de los frutos	37
Contenido de calcio (mg.100 g ⁻¹).....	38
Capítulo V	40
Conclusiones y Recomendaciones	40
Conclusiones	40
Recomendaciones	40
Bibliografía.....	42

Índice de tablas

Tabla 1 Plagas y enfermedades más comunes en cultivo de fresa causada por hongos.....	23
Tabla 2 Plagas y enfermedades más comunes en cultivo de fresa causada por plagas	23
Tabla 3 Rangos de concentración (g.L-1) de macronutrientes esenciales	28
Tabla 4 Rangos de concentración (g.L-1) de micronutrientes esenciales.	28
Tabla 5 Contenido de las soluciones nutritivas para cada uno de los tratamientos	29
Tabla 6 Media más menos desviación estándar de las variables agronómicas.....	32
Tabla 7 Media más menos desviación estándar de las variables agronómicas.....	34

Índice de figuras

Figura 1 Disposición en campo de los tratamientos	30
Figura 2 Gráfico de barras para largo de la raíz en frutilla	33
Figura 3 Gráfico de barras para contenido de clorofila en frutilla	36
Figura 4 Gráfico de barras para contenido de N en frutilla.....	37
Figura 5 Gráfico de barras para dureza en frutilla	38
Figura 6 Contenido de calcio en hojas de frutilla.....	39

Resumen

La importancia del cultivo de fresa, radica en su potencial en la agroindustria, la gastronomía y la alimentación. Para lo cual es necesario obtener materia prima de calidad excelente, es por eso que desde la producción en campo se debe cuidar, los recursos genéticos, el manejo y el ambiente en el que se desarrollan las plantas. En el Ecuador, la mayor extensión del cultivo se da en el valle noroccidental de Quito, en las zonas de Yaruqui, Checa, Tababela, Ascazubi y El Quinche. El 60% de la producción está destinado al mercado nacional y el 40% corresponde a exportaciones. Es importante controlar la fertilización y el riego del cultivo para evitar bajos rendimientos, por lo cual es esencial la nutrición de macro y micronutrientes. Este ensayo tuvo como objetivo producir fresa (*Fragaria x ananassa*), expuesta a una deficiencia nutrimental de Ca en un sistema Kratky, bajo tres tratamientos experimentales, con diferentes dosis de Ca, el tratamiento 1 con 2 meq.L⁻¹ de Ca, el tratamiento 2 con 1,34 meq.L⁻¹; el tratamiento 3 con 0,66 meq. L⁻¹

Al evaluar el efecto de las tres dosis de calcio en la producción de fresas se evidenció que la deficiencia de calcio interviene en diferentes variables agronómicas y productivas, de las cuales en el presente estudio fueron estadísticamente significativas, el número de hojas, la longitud de la raíz y el largo del pedúnculo. La deficiencia se evidencio al presentar un menor número de hojas por plantas, una longitud inferior respecto a la raíz y al pedúnculo de las plantas. Estos resultados podrían explicarse por la alta demanda de calcio por parte del cultivo, al ser un elemento estructural, que forma parte de la célula, participando en procesos hormonales y metabólicos. Este ensayo reporto que se obtuvo mejores resultados, en el campo agronómico y económico, con el Tratamiento 1, con la dosis de 2 meq.L⁻¹ de Ca.

Palabras clave: frutilla, calcio, Kratky, clorofila, deficiencias nutritivas

Abstract

Strawberry cultivation is important for its potential in agribusiness, gastronomy and food. For these industries it is necessary to have raw material of excellent quality, so it is essential to control and determine the genetic resources, management and the environment in which the plants develop. In Ecuador, the greatest extension of the crop is in the northwestern valley of Quito, in the areas of Yaruqui, Checa, Tababela, Ascazubi and El Quinche. Sixty percent of production is destined for the domestic market and 40% for export. It is important to control the fertilization and irrigation of the crop to avoid low yields, which is why macro and micronutrient nutrition is essential. The objective of this trial was to produce strawberry (*Fragaria x ananassa*), exposed to a nutrient deficiency of Ca in a Kratky system, under three experimental treatments, with different doses of Ca, treatment 1 with 2 meq.L-1 of Ca, treatment 2 with 1.34 meq.L-1 and treatment 3 with 0.66 meq.L-1.

When evaluating the effect of the three doses of calcium on strawberry production, it became evident that calcium deficiency affects different agronomic and productive variables, of which the following were statistically significant in this study: number of leaves, root length and peduncle length. Deficiency was evidenced by a lower number of leaves per plant, a lower length of the root and the peduncle of the plants. These results could be explained by the high demand for calcium by the crop, as it is a structural element that is part of the cell, participating in hormonal and metabolic processes. This trial reported that better results were obtained, in the agronomic and economic field, with Treatment 1, with a dose of 2 meq.L-1 of Ca.

Keywords: strawberry, calcium, Kratky, chlorophyll, nutritional deficiencies

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

La importancia económica de la frutilla proviene del abastecimiento para el consumo local, a nivel nacional Imbabura, Tungurahua y Pichincha son las provincias donde se concentra la producción de frutilla, la superficie total de siembra de estas provincias supera las 400 hectáreas, de las cuales la provincia de Pichincha es la de mayor producción. Se cree que la región produce entre 5.000 y 6.000 cajas de frutilla por día. Yaruquí, Pifo, Tababela, Checa, El Quinche y Ascázubi son algunas de las parroquias que producen 8 variedades de frutilla en Pichincha, siendo Yaruquí un centro de acopio de la fruta (Vaca, 2019).

El cultivo de fresa tiene una buena aceptación en todo el mundo, tanto por los agricultores que se dedican a la producción de este cultivo, así como los consumidores de esta fruta. En Ecuador el rendimiento de este cultivo es $16,27 \text{ T*ha}^{-1}$, lo que se considera bajo con relación a otros países como Estados Unidos que tiene $66,90 \text{ T*ha}^{-1}$, España con $47,6 \text{ T*ha}^{-1}$, Egipto con $46,6 \text{ T*ha}^{-1}$, Israel que tiene $43,5 \text{ T*ha}^{-1}$, en cambio si se compara con países latinoamericanos destaca Colombia con $36,5 \text{ T*ha}^{-1}$ al año (Abad et al., 2020).

La mayor demanda de nutrientes en el cultivo de fresa se produce en dos etapas: durante el desarrollo de estolones y la fructificación, en donde el calcio y el potasio fueron los elementos que mayor demanda tuvieron, por lo que una buena fertilización es necesaria especialmente si se la realiza antes de los 184 días después del trasplante para evitar problemas en el desarrollo de la plantas (Avitia et al., 2014).

Al evaluar dos tipos de fertilizantes: tecnología micro carbono y convencional y su relación de absorción con el crecimiento, determinó que los elementos que tuvieron mayor absorción fueron el

nitrógeno (T1: 228,40 kg*ha⁻¹, T2: 198,88 kg*ha⁻¹), seguido del potasio (T1: 154,50 kg*ha⁻¹, T2: 118,81 kg*ha⁻¹) y calcio (T1: 88,44 kg*ha⁻¹, T2: 77,23 kg*ha⁻¹), en donde los órganos con mayor acumulación de estos elementos fueron las hojas y la raíz (Guacapiña, 2020).

El calcio es importante en la activación de la división y alargamiento celular, es además un elemento necesario para el desarrollo de órganos involucrados en el crecimiento como la raíz, brotes, frutos, etc. una deficiencia de elemento afecta directamente en la pared celular de tejidos que están en proceso de formación, y es importante recalcar que este elemento forma parte de procesos metabólicos, equilibrio iónico, acción de hormonas, permeabilidad de la membrana y en la absorción de nutrientes (Vaca, 2019).

Acosta (2013), al aplicar calcio en 3 dosis de forma foliar (Baja: 0,5; Media: 1,0 y Alta: 1,5 cc*L⁻¹) junto con boro en el cultivar de frutilla variedad oso grande, determinó que contribuye a la disminución en la aparición de frutos deformes, además con la aplicación de dosis altas de calcio mejora la firmeza del fruto obteniendo promedios de firmeza de 2.16, 2.29 y 2.24 lb de presión en comparación con dosis bajas de calcio donde obtuvo 1.88, 1.77 y 1.72 lb de presión.

(Vaca, 2019) Al aplicar dosis de calcio (10, 20 y 30%) obtenidos a partir de la cáscara de huevo en tres horarios durante el día (8am, 12pm y 16pm) por vía foliar en el cultivo de fresa y el tratamiento que arrojó los mejores resultados fue la concentración de 20% de calcio aplicado a las 8am, en donde obtuvo 56,67% de calcio en las hojas a las 48 horas llegando hasta 62,33% a las 144 horas, así mismo se obtuvieron los mejores resultados con este mismo tratamiento en cuanto a la firmeza de la hoja y firmeza del fruto teniendo un promedio de 1,41 kg*cm⁻² y 2,37 kg*cm⁻² respectivamente .

La hidroponía, es una forma de cultivo, sin suelo, que permite brindar los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas, a través de disoluciones de minerales. Entre los sistemas de cultivos hidropónicos tenemos al sistema Kratky, el cual consiste en un contenedor donde se

deposita la solución acuosa y sobre este se sitúan las plantas que siempre están en contacto con dicha solución (Escobar, 2010).

Justificación

La producción de fresa en el país se ha incrementado, lo que hace suponer como un cultivo rentable para los agricultores, además de que se vuelve una actividad familiar y fuente de empleo para otras personas. El uso de esta fruta es muy amplio, ya sea para consumo en fresco o como materia prima para la elaboración de otros productos, esto a echo que el cultivo se perfeccione cada vez más, con el fin de obtener mejores variedades, rendimientos, manejo pos cosecha y comercialización (Palchisaca, 2018).

Los métodos de producción intensivos como los sistemas hidropónicos se han incrementado; la fresa, es uno de los cultivos más utilizados, en este tipo de sistemas por los beneficios, ya que aportan la eficiencia en la utilización de fertilizantes y plaguicidas, mayores densidades, un balance de nutrientes y agua adecuado, mejores rendimientos y calidad de fruto (Alvarado, Gomez, Lara, Díaz, & García, 2020)

Los nutrientes de las plantas son muy importantes para la estabilidad, productividad y calidad de la fruta; sin embargo, bajo ciertas condiciones, se pueden interrumpir la absorción de nutrientes, incluso en suelos fértiles. La fertilización foliar a menudo puede compensar o complementar esta deficiencia. El calcio es considerado un nutriente secundario para las plantas, toda planta necesita calcio para crecer, es parte esencial de la pared celular y solo la savia del xilema lo aporta, por lo tanto, si se agota el suministro de calcio, no podrá removilizar el calcio de los tejidos más viejos (Arvensis, 2017).

La deficiencia de este compuesto aparece con más frecuencia en nuevos tejidos donde se produce la división celular, en los meristemas de raíces, inflorescencias, otros puntos de crecimiento

como tallos y hojas. Si el calcio es deficiente, puede hacer que el tejido se doble y se deforme, y que el meristemo muera prematuramente.

La fresa al ser un cultivo demandante de calcio, requiere de forma continua en todas las etapas fenológicas del cultivo por esta razón se planteó investigar la producción de Fresa (*Fragaria x ananassa*), expuesta a deficiencias nutrimentales de Ca en un sistema Kratky, puesto que el calcio constituye un componente fundamental de la lámina media de la pared celular donde cumple una función cementante y le da firmeza al tejido vegetal que potencialmente puede impedir el ingreso de agentes patógenos (Vaca, 2019).

Objetivos

Objetivo general

Producir Fresa (*Fragaria x ananassa*), expuesta a una deficiencia nutrimental de Ca en un sistema Kratky.

Objetivos específico

Evaluar el efecto de tres dosis de Calcio, sobre las variables agronómicas y productivas de frutilla (*Fragaria x ananassa*).

Identificar la importancia del Calcio y su deficiencia en la frutilla.

Hipótesis

H0: Las plantas de frutilla sometidas a deficiencia de Ca, presentan similar producción que las plantas de frutillas sin deficiencia de Ca.

H1: Las plantas de frutilla sometidas a deficiencia de Ca, presentan diferente producción que las plantas de frutillas sin deficiencia de Ca.

Capítulo II

Revisión Literaria

Producción de fresa a nivel mundial

A nivel mundial la producción de fresa en el año 2020 fue de 8.861.381 toneladas, las cuales fueron cosechadas en una superficie de 384.668 hectáreas, esto nos da un rendimiento promedio de 23 toneladas por hectárea aproximadamente, en donde China fue el principal productor a nivel mundial con una participación del 37,5%, a esto le sigue Estados Unidos con un 11,9% y Egipto con 6,7%, estos 3 países representan el 56,2% de producción de fresas a nivel mundial (Axayacati, 2021).

Producción de fresa en el Ecuador

En Ecuador esta fruta ha llegado a formar parte de la canasta familiar, la demanda interna es cubierta por lo pequeños productores, mientras del total de productores de este cultivo apenas el 12% se dedica a la exportación, por lo que se debe tener un mejor apoyo y organización para mejorar la actividad exportadora de esta fruta. En el país las provincias de Imbabura, Tungurahua y Pichincha destacan como mayores productores de frutilla superando unas 400 hectáreas de cultivo, siendo Pichincha la que tiene una mayor producción, donde las variedades que más se cultiva y se comercializa son Oso grande, Diamante, Monterrey, Festival y Albión. Algunas de las parroquias de Pichincha en donde se produce este cultivo son Yaruquí, Pifo, Tababela, Checa y El Quinche (Parra, 2018).

Cultivo de fresa

Es una fruta perteneciente al género *Fragaria* y a la familia *Rosaceae*, se caracteriza por ser una planta perenne, herbácea cuyos tallos son rastreros y cortos los cuales se transforman en rizomas, sus hojas son arrosetadas, tripartidas con orillas dentadas, son conocidas como falsas rosetas; sus raíces son

fibrosas llegando a constituir raíces primarias, secundarias y raicillas, alcanzando una longitud de 30 cm; forma flores blancas que tienen un cáliz de cinco piezas hendidas y cinco pétalos redondeados . La planta como tal a nivel del suelo forma una corona que no mide más de 50 centímetros de altura, y es capaz de formar ramificaciones las cuales son conocidas como estolones, estos pueden llegar a medir 15 centímetros de longitud y a partir de estos tienen la capacidad de formar nuevas plantas, lo cual es una ventaja ya que facilita su reproducción (PROAIN, 2020).

Esta planta tiene las más variadas y complejas posibilidades de manejo, gracias a esto se podido desarrollar inusualmente en las áreas productivas, junto con el desarrollo científico y tecnológico esta fruta ha tenido una gran mejora en cuanto a su morfología y fisiología, lo cual ha permitido que se pueda manejar en condiciones de ambiente controlado. Gracias a sus características de forma, color, gusto y aroma se ha vuelto un producto muy apetecido ya sea para consumo directo o como base para la elaboración de otros productos que tienen una gran demanda en el mercado nacional y extranjero (Acosta, 2013).

Sistemas de producción

La fresa se suele cultivar directamente en el suelo o en sustratos. El cultivo en suelos requiere que estos sean sueltos y equilibrados, con gran cantidad de materia orgánica, un buen drenaje pero que tenga una capacidad de retención de agua favorable, suelos de naturaleza silicio arcillosos. Las plantas se siembran en camas con una particular forma de pirámide, es decir una base de 80 cm y la parte alta de 60 cm, una altura de 30 cm y el espacio entre camas debe ser de 50 cm, cabe mencionar que cuando se cultiva directamente en el suelo una práctica común es la cobertura de las camas con un material de plástico, la cual nos ayuda a mantener de mejor manera la humedad en el suelo y evita el crecimiento de malezas (Chiqui & Lema, 2010).

En un cultivo a campo abierto se presentan ciertos factores que pueden afectar directamente al cultivo, como los factores bióticos en donde se resalta el ataque de plagas como ácaros, trips y larvas de lepidóptero, además de las enfermedades que se pueden generar por el ataque de hongos como *Botrytis cinerea* o también llamado moho gris, este patógeno puede causar grandes pérdidas durante la cosecha en el cultivo que pueden llegar al 25% en la primera cosecha o incluso el 37% en el segundo periodo de producción, el mildiu polvoso y vellosos, antracnosis. En cuanto a los factores abióticos que afectan a un cultivo a campo abierto tenemos la exposición a factores climáticos adversos, las lluvias torrenciales, el daño causado por granizo, las heladas y los fuertes vientos (Rubio, Silvia, Alfonso, Grijalba, & Pérez, 2014)

La creciente demanda de este cultivo y la disminución de terreno para producción ha llevado a implementar tecnologías de producción más eficientes, por lo que una alternativa al suelo es la implementación de sistemas hidropónicos o también el uso de sustratos que permite un mejor control del ambiente sobre todo en lo que se refiere al uso más eficiente del agua y los nutrientes (Medina, Pinzón, & Cely, 2016).

Los sistemas antes mencionados se pueden implementar bajo condiciones protegidas, sin embargo, este tiene un elevado costo, sobre todo por el uso de invernadero, sin embargo, existen alternativas como el uso de macronutrientes, pues estos tienen un menor costo de inversión y una instalación sumamente práctica, lo que ha llevado a que se adapten a diferentes condiciones de terreno y su vida útil puede superar los 10 años con el mantenimiento y cuidados correspondientes (Rubio, Silvia, Alfonso, Grijalba, & Pérez, 2014).

Factores ambientales

Temperatura

Este cultivo ha demostrado adaptarse a varios tipos de climas, llegando a soportar incluso las heladas. Para un óptimo crecimiento y desarrollo la temperatura debe estar entre los 15-20°C, temperaturas bajas menores a 12°C durante el cuajado puede ocasionar que los frutos se deformen por el frío, en cambio temperaturas elevadas aceleran la maduración y la coloración del fruto lo que ocasiona que este no alcance un tamaño óptimo para su comercialización (Llumiquina, 2017).

Luminosidad

Este cultivo depende mucho de la luz que recibe durante el día, y varía dependiendo de la época del año y la posición geográfica del lugar, es por esto que comúnmente se distinguen días cortos y días largos, y en ambos casos tienen ciertas ventajas. En los días cortos es favorable para el crecimiento de yemas sexuales, lo que conlleva a la floración y fructificación, aquí el fotoperiodo está comprendido entre 8 y 11 horas de luz. En los días largos en cambio existe un mayor crecimiento vegetativo y por lo tanto un mayor desarrollo de la planta, con horas luz de más de 12 horas (Agrotendencia, 2019)

Plagas y enfermedades más importantes

En la agricultura una de las razones por las cuales se produce pérdidas en los cultivos son las enfermedades provocadas por hongos, virus y bacterias, además del ataque de las plagas. El cultivo de fresa requiere de óptimas condiciones, por lo que un plan para el control de plagas y enfermedades es indispensable para garantizar un producto final de calidad. Para esto un sistema amigable con el medio ambiente que ayuda al agricultor a controlar estas situaciones es la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas donde encontramos el Manejo de Plagas y Enfermedades (MIPE) (Romero & Gutiérrez, 2019)

En la Tabla 1 se muestra un cuadro de las principales plagas y enfermedades que afectan a este cultivo.

Tabla 1

Plagas y enfermedades más comunes en cultivo de fresa causada por hongos

Enfermedad	Causante	Control
Pudrición del fruto	Botrytis cinérea	Pseudomonas, Streptomyces, Basillus subtilis, hongos como Trichoderma entre otros
Antracnosis	Colletotrichum sp	Aplicación de fungicidas de categoría toxicológica III y IV, permitidos por la norma BPA.
Complejo de hongos de suelo	Rhizoctonia solani, Phytophthora fragariae y Verticillium albo-atrum	Llenado microbiológico de suelos con hongos como Trichoderma sp y bacterias como Bacillus subtilis.

Nota. Adaptado de (Romero & Gutiérrez, 2019)

Tabla 2

Plagas y enfermedades más comunes en cultivo de fresa causada por hongos

Insecto	Control
Trips	Aplicaciones dirigidas al suelo con insecticidas químicos o biológicos como es el caso de Beauveria bassiana.

Insecto	Control
Mosca blanca	Existen enemigos naturales como avispas, hongos entomopatógenos como <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Verticillium lecanii</i> han reportado controles altos en huevos, ninfas y adultos.
Áfidos	Se recomienda la aplicación de insecticidas químicos en las zonas jóvenes de la planta
Arañita roja	Aplicación de insecticidas de categoría toxicológica III, permitidos por BPA
Ácaro blanco	Aplicaciones de algunas cepas de <i>Bauveria bassiana</i> , también se puede proteger usando ácaros depredadores, especialmente <i>Phytoseiulus macropilis</i> o <i>Amblyseius aerialis</i> .

Nota. Adaptado de (Romero & Gutiérrez, 2019)

Nutrición en fresa

En sistemas hidropónicos el agua debe ser de buena calidad al igual que la fertilización, el pH óptimo para este cultivo debe ser entre 5,5 a 6,5, los niveles de sodio deben ser controlados pues estos pueden afectar al rendimiento y salud de las plantas cuando se tiene niveles altos. El nitrógeno es un elemento esencial ya que participa en el crecimiento, rendimiento y calidad de la fruta. El fósforo es importante sobre todo al inicio, durante el desarrollo radicular puesto que este elemento fortalece el sistema radicular. Este cultivo requiere niveles de potasio considerables para obtener una fruta de buen tamaño, de calidad y de buen sabor, se recomienda tener una relación de K/N de 1 a 4. El calcio es importante y una deficiencia de este provoca quemaduras en bordes y ápice. El hierro es un elemento que se ve afectado sobre todo a temperaturas bajas, provocando clorosis en las hojas, también se afecta en el rendimiento, el número de frutos por planta y en el cuajado (Ramírez, 2011).

Los micronutrientes son requeridos en cantidades muy bajas, sin embargo, son muy importantes para un buen desarrollo, ya que intervienen en las reacciones químicas que se dan a nivel

celular, hay que tener un control adecuado de estos microelementos pues si bien es cierto que son esenciales también pueden ocasionar toxicidad en la planta cuando se tienen concentraciones altas (García, 2018)

Solución nutritiva

Es el medio por el cual la planta va a recibir todos los nutrientes necesarios, además de agua y oxígeno, para su crecimiento y desarrollo, todos los elementos deben estar disueltos de forma iónica completamente dissociada, estos iones al tratarse de macroelementos se miden en meq por litro, mientras que los microelementos se miden en ppm. Para la elaboración de la solución nutritiva se debe tener en cuenta factores como el pH y la conductividad eléctrica, ya que estos influyen en la absorción y disponibilidad de los nutrientes para la planta (Zaragoza, 2013)

El calcio

Función en las plantas

El calcio es considerado un elemento secundario en la nutrición de las plantas, aunque las plantas lo necesitan para crecer, una vez que el calcio se fija dentro de la planta se vuelve inmóvil, es un componente esencial en las paredes celulares y solamente se puede suministrar a través de la sabia del xilema, de esta manera si se agota el suministro de calcio, este no podrá ser removido de los tejidos más viejos. En situaciones donde por alguna razón la transpiración se reduce, el calcio que es destinado hacia tejidos que están en desarrollo o crecimiento podría ser inadecuado (Vaca, 2019).

El calcio es un nutriente que forma la parte estructural de la planta, pues este elemento forma parte de la lámina media, las paredes y membranas de la célula, también participa el proceso como la división y extensión celular, tiene una influencia sobre la acción de las hormonas y señales, estabiliza la pared y membrana, y es muy importante para mantener un equilibrio iónico en la célula. Para una

buena distribución de calcio en la planta, este se distribuye dependiendo de la cantidad de iones Ca^{2+} absorbidos. En situaciones donde existe una buena absorción de este elemento, la mayor cantidad de calcio se sitúa en la lámina media, luego en las membranas, los organelos y finalmente el citosol. Como se mencionó antes, el calcio es un elemento poco móvil en la planta, por lo que su absorción y translocación es más lenta a comparación del fósforo, sin embargo, la absorción del calcio depende mucho de la disponibilidad del fósforo (Vaca, 2019).

Deficiencia de calcio

La deficiencia de calcio puede notarse con ciertos síntomas que presenta el cultivo, en varias ocasiones a estos síntomas se los llama desordenes fisiológicos, son problemas causados por una mala administración del calcio a las plantas, por lo que se presentan síntomas como necrosis en las puntas y márgenes de las hojas, deformaciones en las hojas afectadas, clorosis en general, entre otros (Acosta, 2013).

Según, la deficiencia de calcio en el cultivo de fresa afecta principalmente a las hojas jóvenes, las cuales presentan en sus puntas necrosis y deformaciones, también afecta directamente al fruto, pues este se ve reducido en su tamaño, además de que va perdiendo su firmeza, esto se debe esencialmente a cambios en la estructura de la pared celular, al tener una menor cantidad de calcio el fruto puede ser más blando (Cruz, 2018).

Capítulo III

Metodología

Características y ubicación

El proyecto se realizó en el invernadero de Horticultura de la Carrera de Agropecuaria IASA I, ubicado en la hacienda El Prado, parroquia San Fernando, del cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha. Tiene una temperatura promedio de 22, 07°C, con una humedad relativa de 41,19 % y 591,67 $\mu\text{mol.m}^2 \text{s}^{-1}$ de Luz PAR (Villarreal, 2018).

Preparación de las plántulas de frutilla

Se cortaron y desinfectaron las raíces con una solución de Terraclor al 4%, las raíces fueron sumergidas en la solución por un periodo de tiempo de 10 minutos, posteriormente se trasladaron a unas bandejas que contenían un sustrato de pomina, aquí permanecieron durante tres semanas y luego se realizó el trasplante al sistema Kratky.

Periodo de aclimatación

Una vez trasplantadas las plantas a las bandejas con pomina tuvieron un periodo de aclimatación de tres semanas en donde se les aplicó el fertilizante Fertined azul (10-40-10) a una concentración de 1g.L^{-1} . La fertilización se realizó en la mañana y dos veces por semana, con el fin de que las plántulas desarrollen las raíces.

Instalación del sistema Kratky

Se desinfectaron los baldes con una solución de hipoclorito de sodio al 10% y se lavaron los baldes con abundante agua para eliminar residuos.

Una vez desinfectados los baldes se colocaron dos plantas de frutilla (*Fragaria x ananassa*) en cada balde de 20 L con una solución nutritiva Yamazaki de 16 L por balde. Las concentraciones que tendrá esta solución se muestran en la Tabla 3. En la Tabla 5 se encuentra la descripción del contenido de las soluciones nutritivas para cada uno de los tratamientos

Tabla 3

Rangos de concentración (g.L-1) de macronutrientes esenciales

Requerimiento de compuestos en General							
Compuesto	Pm	meq.L ⁻¹	Valencia	mg. L ⁻¹	mg.L ⁻¹	g.L ⁻¹	100X
NH ₄ NO ₃	80	0.5	1	40	4000	4	4000
Ca(NO ₃) ₂	164	2	2	164	16400	16.4	16400
KNO ₃	101	2,5	1	252,5	25250	25,25	25250
KH ₂ PO ₄	136	0.5	1	68	6800	6.8	6800
MgSO ₄	120	1	2	60	6000	6	6000

Nota. La solución Yamasaki también se complementa con los micronutrientes los cuales se describen en la Tabla 4 de acuerdo con Yamazaki, 1997 (Asao, 2012).

Tabla 4

Rangos de concentración (g.L-1) de micronutrientes esenciales.

Compuesto	g.L ⁻¹	Para 10L
H ₃ BO ₃	0.28	2.8
ZnSO ₄	0.198	1.98
CuSO ₄	0.054	0.54
MnSO ₄	0.181	1.81
EDDHA	3.33	33.3

Nota. Micronutrientes utilizados en la solución nutritiva

Para la presente investigación se manejaron tres tratamientos que fueron con diferentes concentraciones de calcio (2, 1.34 y 0.66 meq.L⁻¹) los cuales tuvieron 9 repeticiones por cada tratamiento y se repartieron como se indica en la Tabla 5 de acuerdo con (Yamazaki, 1997) (Asao, 2012).

Tabla 5 Contenido de las soluciones nutritivas para cada uno de los tratamientos

Contenido de las soluciones nutritivas para cada uno de los tratamientos

Fertilizante	Tratamiento		
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Macronutrientes (g.L⁻¹)			
NH ₄ NO ₃	80	80	80
Ca(NO ₃) ₂	328	219,76	108,24
KNO ₃	505	432,28	597,92
KH ₂ PO ₄	136	136	136
MgSO ₄	120	38,4	120
MgNO ₃		150,96	65,12
K ₂ SO ₄		118,32	
Micronutrientes (g.L⁻¹)			
H ₃ BO ₃	0,28	0,28	0,28
ZnSO ₄	0,198	0,198	0,198
CuSO ₄	0,054	0,054	0,054
MnSO ₄	0,181	0,181	0,181
EDDHA	3,33	3,33	3,33

Nota. T1=(2 meq.L⁻¹ de Ca); T2 (1,34 meq.L⁻¹); T3 (0,66 meq.L⁻¹).

Para la presente investigación se tuvieron tres tratamientos que consisten en diferentes concentraciones de calcio (2, 1.34 y 0.66 meq.L⁻¹) en la Tabla 4 se presentan los contenidos de macro y micronutrientes para las soluciones nutritivas

Figura 1*Disposición en campo de los tratamientos*

T3R7	T1R3	T2R6
T2R1	T2R3	T1R5
T1R2	T2R8	T3R3
T2R2	T1R8	T3R9
T2R4	T3R6	T2R9
T1R1	T1R4	T1R6
T3R2	T3R5	T1R7
T3R1	T2R5	T1R9
T2R7	T3R4	T3R8

Variables a evaluar**Variables agronómicas**

El número de hojas, flores y coronas se evaluó de manera observacional contando a simple vista cada una de estas partes que tuvo cada planta.

En cuanto a la raíz, se midió su longitud, una sola vez, al final de la fase de campo, es decir a los 2 meses, con la ayuda de una regla, al igual que la longitud del pedúnculo. Además, se midió con la cinta métrica el diámetro de la corona; también se evaluó el peso seco y fresco y para ello utilizamos una balanza de precisión, el peso fresco y seco de hojas y raíz se determinó una vez terminada la fase de campo. De igual manera se evaluó el peso fresco y seco de toda la planta.

La dureza de los frutos se evaluó en kg el laboratorio de postcosecha de la en la Carrera Agropecuaria mediante un penetrómetro.

Para el análisis de la cantidad de calcio, se recolectó la tercera hoja de cada planta, y se envió 50 gramos, al laboratorio para su análisis. El cálculo de la cantidad de nitrógeno se estableció mediante la escala para clorofila y nitrógeno (Yepez, 2018), basado en los niveles de deficiente, óptimo y exceso. El criterio deficiente es menor a 2.5, óptimo si es menor a 4 y exceso, superior a 4

Análisis estadístico

Para evaluar el efecto de los niveles de calcio en los parámetros agronómicos y fisiológicos se analizaron mediante un análisis de varianza en donde se empleó un diseño completamente al azar en el cual cada tratamiento tuvo nueve repeticiones y se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Producción de las plantas de frutilla;

μ = Media general,

D_i = Efecto del i -ésimo Dosis de Ca en la fertilización

ϵ_{ij} = Error experimental.

Antes de realizar los análisis de varianza se evaluó los supuestos de normalidad y homocedasticidad mediante la prueba de Shapiro Wilks y Leven respectivamente y además se realizó una prueba de comparación de medias para los tratamientos utilizando una prueba de Tukey con un nivel de significancia al 5%. Todo este análisis se realizó con ayuda del programa INFOSTAT.

Capítulo IV

Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados de las distintas variables agronómicas evaluados en los diferentes tratamientos como son: número de hojas, numero de coronas, diámetro de la corona, longitud del pedúnculo, largo de la raíz y número de flores (ver Tabla 6).

Las variables número de hojas ($p=0,043$) ($F=3,82$; $gl=2$), longitud del pedúnculo ($p=0,005$) ($F=7,76$; $gl=2$) y largo de la raíz ($p=0,014$) ($F=5,53$; $gl=2$), presentan diferencias significativas, mientras que el número de coronas ($F=1,39$; $gl:2$) ($p=0,277$), diámetro de la corona ($F=1,18$; $gl=2$) ($p=0,333$), número de flores ($p=0,238$ ($F=1,57$; $gl=2$)) no presentan diferencias significativas.

Tabla 6

Media más menos desviación estándar de las variables agronómicas

Tratamiento	T1	T2	T3
Número de hojas	11,67±6,18 b	8±2,55 ab	7±2,96 a
Número de coronas	1,18±0,83 a	1,33±0,5 a	1,33±0,71 a
Diámetro de la corona (cm)	4,42±1,64 a	5,67±0,94 a	5,4±1,04 a
Longitud del pedúnculo (cm)	3,72±0,67 b	3,06±0,95 ab	2,61±0,49 a
Largo de la raíz (cm)	25,33±2,83 b	19,89±4,54 a	19,83±4,18 a
Numero de Flores	1,44±0,88 a	0,89±1,05 a	0,78±0,83 a

Nota. Los superíndices con letra distinta muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$). T1= (2 meq.L⁻¹ de Ca); T2 (1,34 meq.L⁻¹) ; T3 (0,66 meq.L⁻¹). T1=Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2 y T3= Tratamiento 3.

Número de hojas

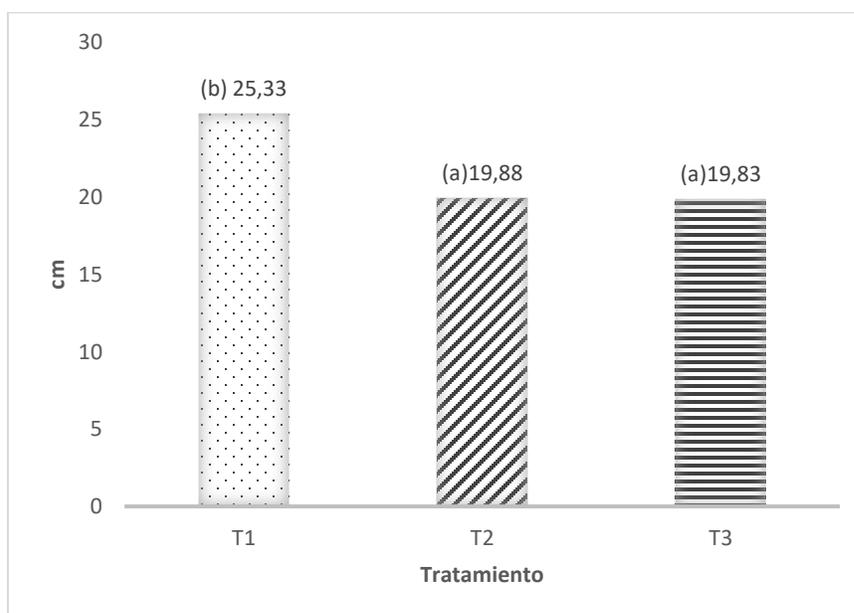
El número de hojas en las plantas de frutilla para cada uno de los tratamientos, en los cuales se encontró diferencias significativas a un nivel de significancia del 5%, siendo el tratamiento T1 (2meq.L⁻¹

de Ca) el que evidenció valores más altos, en comparación con el tratamiento 3 ($0,66 \text{ meq.L}^{-1}$). La deficiencia de Ca en la planta de frutilla, afecta a los tejidos jóvenes, en especial a las zonas meristemáticas de raíces, tallos y hojas. La muerte de los puntos de crecimiento tales como brotes nuevos, inflorescencias, y puntos de las raíces, demuestra la deficiencia de Ca, como lo explica (Arabuko, 2018), demostrando que menores cantidades de calcio, generan menos cantidad de hojas.

Largo de la raíz

Figura 2

Gráfico de barras para largo de la raíz en frutilla



Nota. T1= (2 meq.L^{-1} de Ca); T2 ($1,34 \text{ meq.L}^{-1}$) ; T3 ($0,66 \text{ meq.L}^{-1}$).

T1=Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2 y T3= Tratamiento 3.

Los resultados para el largo de la raíz, medida en centímetros de las plantas de frutilla se encuentran en la Figura 2 para cada uno de los tratamientos, en los cuales se encontró diferencias

significativas a un nivel de significancia del 5%, en los cuales el tratamiento T1 (2 meq.L⁻¹ de Ca) presentó valores más altos, en comparación con el tratamiento 2 (1,34 meq.L⁻¹ y el tratamiento 3 (0,66 meq.L⁻¹).

Los activadores de la hiperpolarización permiten la entrada de Ca²⁺ en células de la raíz, lo que genera la división y elongación de las células de este sistema (Evans et al., 2001; White, 2000; Grabov y Blatt, 1998) citado por (Diaz, 2007) demuestra que el papel del calcio en las raíces, por lo que su deficiencia se demuestra en menor elongación de esta.

Longitud del pedúnculo

La longitud del pedúnculo medida en centímetros en las plantas de frutilla para cada uno de los tratamientos, en los cuales se encontraron diferencias significativas a un nivel de significancia del 5% ($p=0,005$) ($F=7,76$; $gl=2$), en los cuales el tratamiento T1 (2 meq.L⁻¹ de Ca) presentó valores más altos, en comparación con el tratamiento 3 (0,66 meq.L⁻¹).

El calcio promueve el alargamiento celular, toma parte en la regulación estomática, participa en los procesos metabólicos de absorción de otros nutrientes, fortalece la estructura de la pared celular; el calcio es una parte esencial de la pared celular de las plantas, como lo explica (Arabuko, 2018), por lo tanto, el largo del pedúnculo se relaciona con el contenido de calcio y su deficiencia se demuestra con la disminución del largo de los tejidos celulares. A continuación, se presentan los resultados de las variables clorofila, peso fresco y seco de hojas, peso fresco y seco de raíz, peso fresco y seco total.

Tabla 7

Media más menos desviación estándar de las variables agronómicas

Variables	T1	T2	T3
Peso fresco (hojas)	28,53 ± 18,68 a	21,97 ± 10,81 a	9,13 ± 3,20 a
Peso seco (hojas)	6,53 ± 3,59 a	5,23 ± 2,18 a	2,20 ± 0,95 a
Peso fresco (raíz)	26,23 ± 9,91 a	27,87 ± 11,57 a	14,40 ± 2,43 a

Variables	T1	T2	T3
Peso seco (raíz)	4,00 ± 2,10 a	4,53 ± 2,00 a	0,93 ± 0,61 a
Peso fresco total	54,77 ± 26,82 a	49,83 ± 22,38 a	14,40 ± 2,43 a
Peso seco total	10,53 ± 55,49 a	9,77 ± 4,18 a	3,13 ± 0,90 a

Nota. Los superíndices con letra distinta muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$). Revisar el Anexo para verificar los análisis de varianza. T1= (2 meq.L⁻¹ de Ca); T2 (1,34 meq.L⁻¹); T3 (0,66 meq.L⁻¹). T1=Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2 y T3= Tratamiento 3.

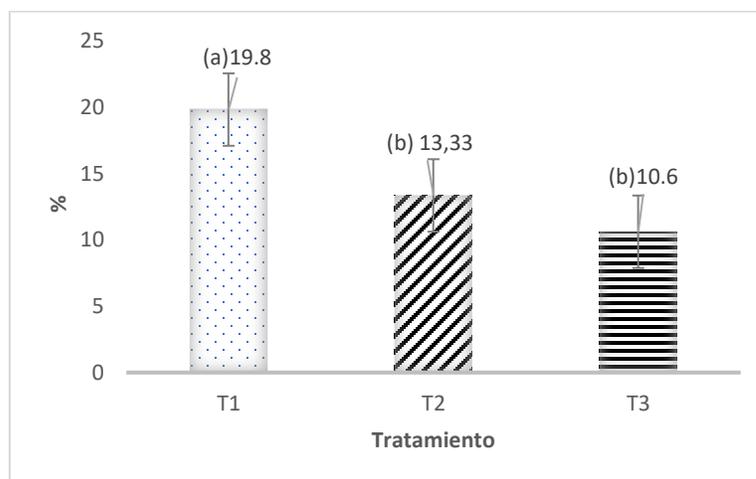
Las variables peso fresco en hojas ($p=0,238$), peso seco en hojas ($p=0,172$), peso fresco en raíz ($p=0,210$), peso seco en raíz ($p=0,083$), peso fresco total ($p=0,095$) y peso seco total ($p=0,120$) no presentaron diferencias significativas, mientras que la clorofila ($p=0,006$), muestra superíndices con letras distintas lo que evidencia diferencias significativas.

Clorofila

La cantidad de clorofila, expresada en porcentajes se demuestran en la Figura 3 para cada uno de los tratamientos, en los cuales se encontró diferencias significativas a un nivel de significancia del 5%, en los cuales el tratamiento T1 (2 meq.L⁻¹ de Ca) presentó valores más altos, en comparación con el tratamiento 2 (1,34 meq.L⁻¹) y el tratamiento 3 (0,66 meq.L⁻¹). El Ca²⁺ es esencial para el metabolismo vegetal, en especial el proceso fotosintético, cumpliendo dos funciones. La primera como ion ligado al fotosistema II, está relacionado con la lisis del agua, y por otra, tiene un papel estructural en el ensamblaje de la antena periférica (KATO H y HAN. 1993) citado por (Sanz, 2001), por lo que la disminución de calcio en la planta repercute en la disminución de clorofila, dado que se afecta el metabolismo vegetal. En el 2015 (Gomez, 2015) mostraron un alto porcentaje de clorofila con niveles de calcio de 2,5 meq.L⁻¹, al comparar con el presente ensayo se obtuvo resultados similares, debido a que el tratamiento 1, con 2 meq.L⁻¹ de Ca presento altos niveles de clorofila.

Figura 3

Gráfico de barras para contenido de clorofila en frutilla



Nota. T1= (2 meq.L⁻¹ de Ca); T2 (1,34 meq.L⁻¹); T3 (0,66 meq.L⁻¹).

T1=Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2 y T3= Tratamiento 3. T1 (19,80 ± 1,08 a); T2 (13,33 ± 3,16 b); T3 (10,60 ± 1,14 b)

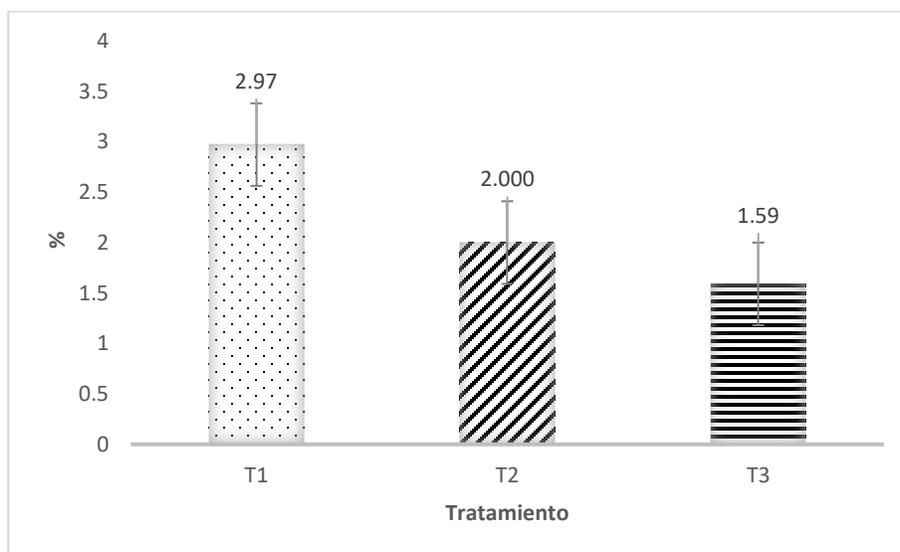
Porcentaje de Nitrógeno

La cantidad de nitrógeno se estableció mediante la escala para clorofila y nitrógeno, basado en los niveles de interpretación de óptimo, deficiente y exceso. El criterio deficiente es menor a 2.5, óptimo si es menor a 4 y exceso, superior a 4. El tratamiento 1 fue caracterizado como óptimo, mientras que el tratamiento 2 y 3 como deficiente. La relación entre clorofila y nitrógeno, es estrecha, debido a que manifiesta el estado nutricional de este elemento, este es importante para la síntesis de la clorofila y como parte de esta molécula, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. (Salisbury, 1992). Las funciones del calcio en la planta son promover el alargamiento celular, participa en los procesos metabólicos sobre la absorción de otros nutrientes y su deficiencia se expresa a manera de manchas marrones o amarillas que habitualmente presentan un contorno marrón definido, además, provoca

hojas pequeñas y deformes. En la fotosíntesis cumple la función de ion ligado al fotosistema II y cumple un papel estructural al ensamblar la antena periférica.

Figura 4

Gráfico de barras para contenido de N en frutilla



Nota. T1=(2 meq.L⁻¹ de Ca); T2 (1,34 meq.L⁻¹); T3 (0,66 meq.L⁻¹).

T1=Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2 y T3= Tratamiento 3.

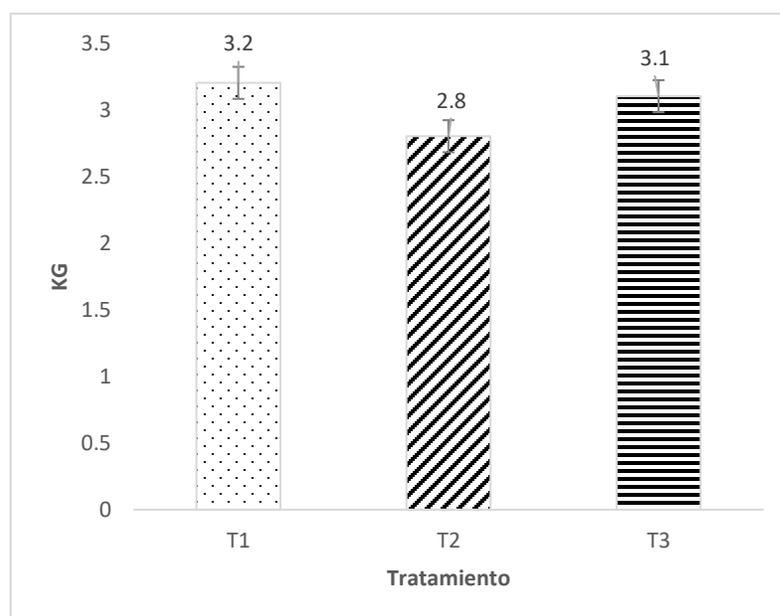
Dureza de los frutos

La dureza se midió utilizando un penetrómetro, el cual expresó que las frutillas del tratamiento 1 (2 meq.L⁻¹ de Ca) tienen una firmeza de 3,2 kg, el tratamiento 2 (1,34 meq.L⁻¹), una firmeza de 2,8 kg y el tratamiento 3 (0,66 meq.L⁻¹) con una firmeza de 3,1 kg. Los mismos que resultaron superiores en comparación con los resultados obtenidos por (Acosta, 2013) quien evaluó el efecto de tres dosis de calcio (0,5, 1,0, 1,5 cc.L⁻¹), aplicadas vía foliar en el cultivo de fresa. En el cual se observó que para la variable firmeza, la aplicación de la dosis alta (1,5 cc.L⁻¹) y media (1,0 cc.L⁻¹) de calcio, contribuyen a mejorar la dureza del fruto. Con dosis alta de Ca, se obtuvieron promedios de firmeza de 2.16, 2.29 y 2.24 lb de presión; debido a que el calcio es un elemento estructural de las plantas porque forma parte

de la lámina media, las paredes y membranas de las células, el Ca interviene en la división y extensión celular, participa en la acción de hormonas y señales, estabiliza la pared y membrana, y contribuye al equilibrio iónico de la célula como lo indica la Figura 5.

Figura 5

Gráfico de barras para dureza en frutilla



Nota. T1= (2 meq.L⁻¹ de Ca); T2 (1,34 meq.L⁻¹); T3 (0,66 meq.L⁻¹).

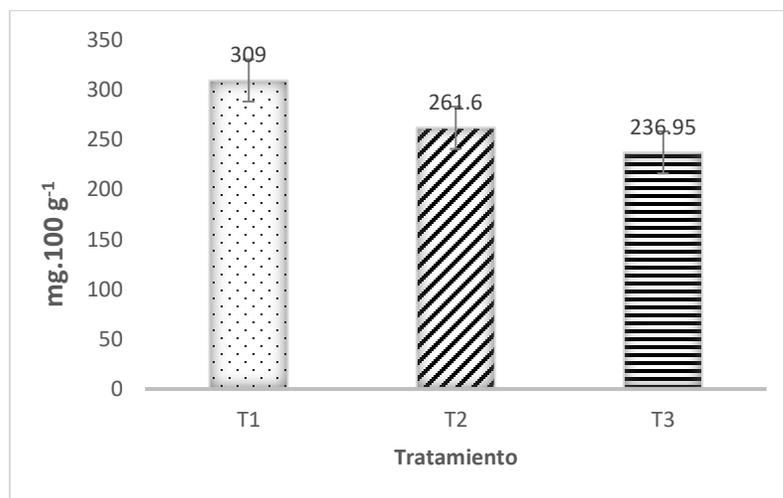
T1=Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2 y T3= Tratamiento 3.

Contenido de calcio (mg.100 g⁻¹)

El contenido de calcio se evaluó en el laboratorio, en la Figura 6, se demuestra que el tratamiento 1 (2meq.L⁻¹ de Ca) tuvo un contenido de 309 mg.100 g⁻¹, el tratamiento 2 (1,34 meq.L⁻¹) con 261,3 mg.100 g⁻¹ y el tratamiento 3 (0,66 meq.L⁻¹) con 236,95 mg.100 g⁻¹. (Herrera, 2007) indica que el calcio al ser un macroelemento, es esencial para el desarrollo de las plantas, siendo fundamental para funciones de la planta, además de ser parte de la estructura y el crecimiento de las plantas de frutilla como se observa en la Figura 6.

Figura 6

Contenido de calcio en hojas de frutilla



Nota. T1=(2 meq.L⁻¹ de Ca); T2 (1,34 meq.L⁻¹); T3 (0,66 meq.L⁻¹).

T1=Tratamiento 1, T2= Tratamiento 2 y T3= Tratamiento 3.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Al evaluar el efecto de las tres dosis de calcio en la producción de frutilla (*Fragaria x ananassa*), se evidenció que la deficiencia de calcio interviene en diferentes variables agronómicas y productivas, de las cuales en el presente estudio fueron estadísticamente significativas, el número de hojas, la longitud de la raíz y el largo del pedúnculo. La deficiencia se evidenció al presentar un menor número de hojas por plantas, una longitud inferior respecto a la raíz y al pedúnculo de las plantas. Además, el contenido de clorofila y nitrógeno presentó cantidades menores. La dureza del fruto fue de 3,1kg y el calcio residual en las hojas fue de 236,95 mg.100 g⁻¹
- Se identificó la importancia del calcio, al ser un elemento estructural, interviene en la formación de las hojas, el crecimiento de la raíz y del pedúnculo. La deficiencia se expresó en el menor número de hojas, que se relaciona con el contenido de clorofila y nitrógeno. El calcio es esencial en el desarrollo de las plantas, al ser un elemento estructural, al conformar la membrana, lamina media y paredes en la célula. Interviene en los procesos de división celular, la acción de las hormonas y estabiliza la pared celular.

Recomendaciones

- Se recomienda manejar los niveles de calcio en el cultivo de frutilla, la dosis que se recomienda es de 2 meq.L⁻¹ de Ca, debido a que la deficiencia de Ca puede provocar daños en el largo de la raíz, longitud del pedúnculo, contenido de clorofila, número de hojas, contenido de nitrógeno y la dureza del fruto.

- Se sugiere considerar para futuras investigaciones nuevas dosis a las que el cultivo de fresas este expuesto a deficiencias de calcio y evaluar las variables agronómicas y productivas
- Se propone realizar estudios en donde se analice el efecto de la deficiencia de Calcio en los diferentes estados fenológicos de las plantas y su impacto en la postcosecha
- Se sugiere realizar futuras investigaciones comparando la producción del sistema Kratky, con otros sistemas de hidroponía y los métodos aplicados en campo, por productores de fresa, para contextualizar los efectos agronómicos y productivos de la deficiencia de Ca en frutilla

Bibliografía

- Acosta, A. (2013). Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3944/1/Tesis-39agr.pdf>
- Agrotendencia. (18 de Marzo de 2019). *Cultivo de fresa: cuidados, manejo, plagas y enfermedades*. Obtenido de <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-la-fresa-o-frutilla/>
- Alvarado, J., Gomez, A., Lara, A., Díaz, J. C., & García, E. (2020). *Rendimiento y calidad de fruto de fresa cultivada en invernadero en sistema hidropónico piramidal*. Obtenido de <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2460>
- Arabuko. (2018). Obtenido de <http://arabuko.mx/importancia-del-calcio-en-la-nutricion-de-las-plantas/>.
- Arvensis. (21 de Julio de 2017). *Importancia del Calcio en las plantas – Arvensis Agro*. Obtenido de <https://www.arvensis.com/es/blog-424-2-importancia-calcio-plantas/>
- Asao, T. (Marzo de 2012). *Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches*. Obtenido de <https://www.intechopen.com/books/1781>
- Axayacati, O. (Marzo de 2021). *Países Productores de fresas*. Obtenido de <https://blogagricultura.com/paises-productores-fresa/>
- Chiqui, F., & Lema, M. (2010). *Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (fragaria sp) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios, Cantón Cuenca*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4745>
- Cruz, H. (2018). *Respuesta agronómica y fisiológica de la fresa (Fragaria x ananassa Duch.) a la aplicación de silicio*. Obtenido de <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/3058>
- Díaz, A. (2007). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n2/v25n2a10.pdf>

- Escobar, S. (2010). *Cultivos Hidropónicos: Optimización del método Kratky*. Obtenido de https://www.academia.edu/36488599/Cultivos_Hidrop%C3%B3nicos_Optimizaci%C3%B3n_del_m%C3%A9todo_Kratky
- Garces, J. (2021). Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33466/1/Tesis-281%20%20Ingeniería%20Agronómica%20-%20Garcés%20Galarza%20Jenny%20Abigail.pdf>
- García, V. (2018). *Producción orgánica de fresa con sistemas alternativos en trasplante y nutrición*. Obtenido de <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/3096>
- Gomez, V. (2015). Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10774/1/T-ESPE-IASA%20I-001641.pdf>
- Guacapiña, N. (2020). *Curvas de extracción nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, mediante tecnología microcarbono (TMC) y fertilización convencional, en el cultivo semi hidropónico de frutilla*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/24772>
- Herrera, T. (2007). Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/441/1/Teodulo%20Herrera%20Va-squez.pdf>
- Llumiquinga, P. (2017). *Evaluación de fertilización mineral y órgano / mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne; variedad albión*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9674>
- Medina, J., Pinzón, E., & Cely, G. (2016). Efecto de sustratos orgánicos en plantas de fresa (*Fragaria* sp.) cv 'Albion' bajo condiciones de campo. *Revista Ciencia y Agricultura*, 19-28.
- Palchisaca, M. J. (2018). *Evaluación de soluciones nutritivas con cinco dosis de calcio en el cultivo de fresa (*Fragaria ananassa*) cultivar albión mediante fertirriego en la parroquia San Luis cantón Riobamba*. Obtenido de <http://dspace.espe.edu.ec/handle/123456789/8488>

- Parra, E. (2018). *PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE FRUTILLA (Fragaria sp) EN LA PARROQUIA YARUQUÍ, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA*". Obtenido de <https://fddocuments.ec/document/universidad-tnica-del-aoeproduccin-y-comercializacin-de-frutilla-fragaria.html?page=1>
- Perrin. (2006). Obtenido de <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>
- PROAIN. (Septiembre de 2020). *PRODUCCIÓN DE FRESA, REQUERIMIENTOS DE CLIMA Y SUELO*. . Obtenido de <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/produccion-de-fresa-requerimientos-de-clima-y-suelo>
- Ramírez, H. (2011). *Sistema de producción de fresa de altas densidades*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/269491763/Sistema-de-Produccion-de-Fresa-de-Altas-Densidades>
- Rincon, A. (2010). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945029003.pdf>
- Romero, E., & Gutiérrez, J. (Junio de 2019). *Efecto de los plaguicidas usados en cultivos de fresa, como posibles disruptores endocrinos: revisión sistemática*. Obtenido de <https://repositorio.unicolmayor.edu.co/handle/unicolmayor/3655>
- Rubio, Silvia, Alfonso, A., Grijalba, C., & Pérez, M. (2014). Determinación de los costos de producción de la fresa cultivada a campo abierto y bajo macrotúnel. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 67-69.
- Salisbury, F. (1992). *Fisiología vegetal*. Mexico: Editorial Iberoamerica.
- Sanz, M. (2001). Obtenido de https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2001/97V-1/97V-1_03.pdf
- Vaca, C. (2019). Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29825/1/Tesis-236%20%20Ingeniería%20Agronómica%20-CD%20638.pdf>

Villarreal, V. (2018). *Evaluación de las condiciones climáticas y fuentes de boro, para la germinación in vitro de polen en frutilla (Fragaria x ananassa) variedad festival*. Obtenido de

<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/14539>

Yepez, D. (2018). Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15844>

Zaragoza, R. (2013). *Evaluación de Técnicas Hidropónicas de Producción en el Cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa) Bajo Invernader*. Obtenido de

<http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/67>

Enlace: https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1hCHnZVAoEKoOxfr1G4bVQG1bAsBWG_3f