

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

INFLUENCIA DE ETHEPHON SOBRE LA MADURACIÓN DE RACIMOS DE TOMATE
TESIS DE GRADO

EDGAR ARMANDO MONTENEGRO MELGAR
CARNET 20961-02

ESCUINTLA, ENERO DE 2016
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

INFLUENCIA DE ETHEPHON SOBRE LA MADURACIÓN DE RACIMOS DE TOMATE
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
EDGAR ARMANDO MONTENEGRO MELGAR

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

ESCUINTLA, ENERO DE 2016
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. EDGAR ORTIZ MAINIERI

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES
MGTR. ALMA LETICIA CIFUENTES ALONZO
ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN

Guatemala, 22 de enero de 2016.

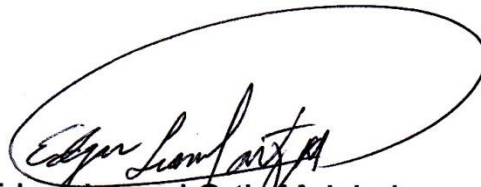
Consejo De Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Edgar Armando Montenegro Melgar, carné 20961-02, titulada: "INFLUENCIA DE ETHEPHON SOBRE LA MADURACION DE RACIMOS DE TOMATE".

La cual considero que cumple con los requisitos requeridos por la facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Edgar Leonel Ortiz Mainieri
Colegiado No. 1195

EDGAR LEONEL ORTIZ MAINIERI
INGENIERO AGRONOMO
COLEGIADO No. 1195



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante EDGAR ARMANDO MONTENEGRO MELGAR, Carnet 20961-02 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 06153-2015 de fecha 31 de octubre de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

INFLUENCIA DE ETHEPHON SOBRE LA MADURACIÓN DE RACIMOS DE TOMATE

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 14 días del mes de enero del año 2016.



**ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar**



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y el discernimiento para poder superarme.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad De Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte importante de mi formación.

Ing. Edgar Leonel Ortiz Mainieri, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Agropecuaria Popoyan, por ser parte importante de mi formación profesional.

Ing. Francisco Viteri Arriola por permitirme realizar la presente investigación en sus instalaciones.

DEDICATORIA

A:

Dios: Por estar con migo en cada momento para poder concluir esta etapa tan importante en mi vida.

Mis padres: Por qué siempre creyeron en mí, por haberme formado en esta vida con valores, su grandioso ejemplo y apoyo incondicional, Maria Isabel Melgar Gonzalez (QDEP) y Armando Montenegro

Mis hermanos: Por su amor y compañía a lo largo de esta vida.

Mi esposa: Que con su amor y apoyo incondicional he podido lograr esta y muchas metas importantes en mi vida.

Mis hijas: Andrea Victoria y María del Pilar, para que sigan el ejemplo de amor y esfuerzo de su padre para alcanzar sus metas.

Mi familia: En especial al Ing. Joaquín Melgar por su grandioso ejemplo profesional y apoyo incondicional, mis abuelos Eustaquio Melgar y Andrea Gonzalez por su valioso ejemplo como.

Mis amigos: Por su valiosa compañía.

ÍNDICE

Contenido	Página
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I INTRODUCCIÓN	1
II MARCO TEÓRICO	2
2.1 EL CULTIVO DEL TOMATE	2
2.1.1 Origen y distribución geográfica	2
2.1.2 Descripción botánica	2
2.1.3 Descripción fisiológica del fruto	3
2.2 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DEL TOMATE	3
2.2.1 Temperatura	3
2.2.2 Humedad	4
2.2.3 Luminosidad	4
2.2.4 Suelo	4
2.2.5 pH	4
2.3 MADUREZ FISIOLÓGICA DEL TOMATE	5
2.3.1 Madurez de cosecha	5
2.3.2 Madurez fisiológica	5
2.3.4 Madurez comercial	5
2.4 MERCADO DEL TOMATE	5
2.4.1 Características del mercado	6
2.4.2 Índices de cosecha	6
2.4.3 Índices de calidad	6
2.4.4 Variedad de tomate Clermon	9
2.5 ETHEPHÓN	10
2.5.1 Modo de acción	10
2.5.2 Ficha técnica del ethephón	10
2.5.3 Principales características del ethephón	11
2.5.4 Compatibilidad	11
2.5.5 Precauciones de uso	12
2.5.6 Precauciones al medio ambiente	12
2.5.7 Influencia de la temperatura sobre el ethephón	12
2.5.8 Influencia del ethephón en la madurez del tomate	13
2.5.9 Antecedentes	13
III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14

3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	15
IV	OBJETIVOS	16
4.1	OBJETIVO GENERAL	16
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
Contenido		Página
V	HIPÓTESIS	17
VI	MATERIALES Y MÉTODOS	18
6.1	LOCALIZACIÓN	18
6.2	MATERIAL EXPERIMENTAL	18
6.2.1	Tomate variedad Clermon	18
6.2.2	Ethephón	19
6.3	FACTORES ESTUDIADOS	19
6.4	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	19
6.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	20
6.6	MODELO ESTADÍSTICO	20
6.7	UNIDAD EXPERIMENTAL	20
6.8	CROQUIS DE CAMPO	21
6.9	MANEJO DEL EXPERIMENTO	22
6.9.1	Sustrato	22
6.9.2	Sistema de riego	22
6.9.3	Nutrición	22
6.9.4	Solución nutritiva en ppm	23
6.9.5	Manejo del cultivo	23
6.9.6	Aplicación de ethephón al 48% en racimos	24
6.9.7	Cosecha	24
6.10	VARIABLES RESPUESTA	25
6.11	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	26
6.11.1	Análisis de varianza	26
VII	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
7.1	HOMOGENEIDAD DE MADURACIÓN DEL RACIMO	27
7.3	DÍAS A COSECHA	29
7.4	VIDA EN ANAQUEL	32
VIII	CONCLUSIONES	35
IX	RECOMENDACIONES	36
X	BIBLIOGRAFÍA	37
XI	ANEXOS	40

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Madurez fisiológica y comercial del tomate en racimo.	8
Cuadro 2. Grados de madurez de tomate por clase o color.	9
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos y dosis .	19
Cuadro 4. Solución nutritiva (ppm) utilizada en el cultivo de tomate.	23
Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable influencia del grado de madurez del primer fruto del racimo al momento de la aplicación de ethephón al 48 %.	27
Cuadro 6. Prueba de tukey para dosis, para la variable influencia de madurez del primer fruto del racimo al momento de la aplicación.	28
Cuadro 7. Prueba de tukey para interacción entre color del primer fruto y las diferentes dosis, para la variable influencia de madurez del primer fruto del racimo al momento de la aplicación.	29
Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable días a cosecha	30
Cuadro 9. Prueba de tukey para grado de madurez del primer fruto al momento de la aplicación que provocó menos días a cosecha después de la aplicación.	31
Cuadro 10. Prueba de tukey para dosis de ethephón al 48% provocó menos días a cosecha después de la aplicación.	31
Cuadro 11. Prueba de tukey para interacción entre el color del primer fruto al momento de la aplicación y las dosis y su efecto en relación a los días a cosecha.	32
Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable vida de anaquel	33
Cuadro 13. Prueba de Tukey para el color del primer fruto al momento de la aplicación que presenta mayor vida de anaquel.	34
Cuadro 14. Prueba de Tukey para la dosis que presenta mayor vida de anaquel.	34

Cuadro 15.	Prueba de Tukey para la interacción de color del primer fruto y dosis que presenta mayor vida de anaquel.	35
------------	---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Aleatorización de los tratamientos.	21
Figura 2. Racimo de tomate sin aplicación (testigo).	41
Figura 3. Coloración obtenida en tomates con tratamiento y testigo.	42
Figura 4. Racimo sin tratamiento.	43
Figura 5. Modo de aplicación.	44
Figura 6. Forma de aplicación.	45

INFLUENCIA DE ETHEPHÓN SOBRE LA MADURACIÓN DE RACIMOS DE TOMATE

RESUMEN

Esta investigación fue realizada en invernadero en la finca El Valle, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa. El objetivo principal fue conocer el efecto que produce el ethephón al 48% sobre la maduración secuencial de los cinco frutos de tomate en racimo (*Solanum lycopersicum*) variedad Clermon, injertado sobre el porta injerto Emperador y cultivado en fibra de coco. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con un arreglo bifactorial, con doce tratamientos y cinco repeticiones distribuidos de forma aleatoria. Las variables evaluadas fueron homogeneidad de maduración del racimo, días a cosecha y vida de anaquel. Se encontró que no existe influencia directa del grado de madurez del primer fruto del racimo al momento de la aplicación de ethephón al 48% sobre el resultado de madurez obtenido del resto de frutos del racimo después de la aplicación. Las dosis de ethephón con las que mejor uniformidad de color se obtuvo después de la aplicación fueron las de 15, 20, 25 cc/L. Si existe influencia directa del color del primer fruto al momento de la aplicación de ethephón al 48 % en los días a cosecha, los tratamientos que menos días a cosecha presentaron fueron T2.6 (primer fruto en grado 2 Bracker, 25 cc/L) y T2.5 (primer fruto en grado 2 Bracker, 20 cc/L). Es importante conocer estos resultados para la toma de decisiones en la proyección de cosecha semanal. El ethephón al 48% presentó un efecto sobre la vida en anaquel, los tratamientos T1.2 (grado 0, verde maduro 3, dosis 5 cc/L) y T1.3 (grado 0, verde maduro 3, dosis 10 cc/L) son en los que mayor vida de anaquel se obtuvo después de la cosecha.

INFLUENCE OF ETHEPHON ON THE TOMATO BUNCHES RIPENING PROCESS

SUMMARY

This research study was carried out in the greenhouse of El Valle farm, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa. The main objective was to identify the effect produced by Ethephon at 48% on the sequential ripening process of Clermon variety tomato (*Solanum lycopersicum*), in 5-fruit bunches, grafted on the Emperador rootstock and produced in coconut fiber. A randomized complete block design, in a bifactorial arrangement, with twelve treatments and five replicates was used. The evaluated variables were: bunch ripening homogeneity, days to harvest, and shelf life. It was determined that there is no direct influence on the ripening level of the first fruit when applying Ethephon at 48%, compared with the ripening result obtained after the application in the other fruits of that bunch. The Ethephon doses that yielded better color uniformity after the applications were: 15, 20, and 25 cc/L. There is direct influence on the color of the first fruit when applying Ethephon at 48% regarding days to harvest; the treatments with less number of days to harvest were T2.6 (first fruit with a Grade 2 Bracker of 25 cc/L) and T2.5 (first fruit with a Grade 2 Bracker of 20 cc/L). It is important to identify the results to make decisions regarding the weekly harvest projection. Ethephon at 48% showed an effect on the shelf life; treatments T1.2 (grade 0, mature green 3, at dose of 5 cc/L) and T1.3 (grade 0, mature green 3, at dose of 10 cc/L) are the ones that showed the greatest shelf life after the harvest.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum*) en racimo variedad Clermon ha tenido auge desde los comienzos del programa de exportación hacia los Estados Unidos de Norte América en el año 2007. Su adaptabilidad a la región y potencial de producción bajo las condiciones climáticas subtropicales lo posicionan como una de las variedades de mayor rendimiento y adaptabilidad para Guatemala.

Entre los parámetros más importantes que debe poseer un racimo de tomate para poder ser exportado está el grado de madurez, éste tiene que ser tanto óptimo como uniforme, lo cual es imposible conseguir naturalmente con las características fisiológicas de la planta, puesto que ésta realiza la maduración de sus racimos de forma escalonada, relacionada con la floración y cuaje de frutos.

La escala colorimétrica del tomate elaborada por Del Monte se basa en el color que manifiesta el fruto según su madurez y se mide internacionalmente por grados, representado en números y empieza desde el grado 1 que representa el inicio de la maduración de la fruta, la cual presenta un color rosado en la base del fruto, abarcando un punto de coloración de 2.54 cm de diámetro, y el grado seis que es grado máximo de maduración, que se manifiesta en la fruta con un color rojo intenso, abarcando el cien por ciento del área del fruto con este color y el grado tres que es el punto óptimo de cosecha, posee un cincuenta por ciento de color rojo y un cincuenta por ciento de color verde en el fruto.

Con esta investigación se pretende conocer el efecto que produce el ethephón al 48% sobre la maduración secuencial de los cinco frutos de tomate en racimo (*Solanum lycopersicum*) variedad Clermon, injertado sobre el porta injerto Emperador y cultivado en fibra de coco.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 EL CULTIVO DEL TOMATE

2.1.1 Origen y distribución geográfica

El origen del género *Lycopersicum* se localiza en la región andina, que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecía como mala hierba entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero para entonces ya habían sido llevados a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos sólo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá (Anderlini, 1989).

2.1.2 Descripción botánica (Nuez, 1999)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *Solanum lycopersicum*.

2.1.3 Descripción fisiológica del fruto

Solanum lycopersicum es una planta de la familia de las solanáceas (Solanaceae) originaria de América y cultivada en todo el mundo por su fruto comestible, llamado tomate (o jitomate en el sur y centro de México). Dicho fruto es una baya muy coloreada, típicamente de tonos que van del amarillento al rojo, debido a la presencia de los pigmentos licopeno y caroteno. Posee un sabor ligeramente ácido, mide de 1 a 2 cm de diámetro en las especies silvestres, y es mucho más grande en las variedades cultivadas. Se produce y consume en todo el mundo, tanto fresco como procesado de diferentes modos, ya sea como salsa, puré, jugo, deshidratado o enlatado (Gallo, 1979).

La palabra jitomate procede del náhuatl xictli, ombligo y tomātl, tomate, que significa tomate de ombligo. El tomate ya se cultivaba 700 años a.C. en México, y en el antiguo Perú antes de la formación del Imperio Inca. Como una curiosidad, debe notarse que aunque la palabra tomate proviene del náhuatl tomatl, en el centro y sur de México el tomate es conocido como «jitomate», mientras que se llama tomate al tomatillo o tomate verde (*Physalis ocarpa*) (Gallo, 1979).

2.2 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO DE TOMATE

2.2.1 Temperatura

La temperatura óptima, de desarrollo del cultivo de tomate oscila entre los 20 y 30 °C durante el día y entre 10 y 17 °C durante la noche. Por otro lado, las temperaturas inferiores a 12 °C afectan adversamente el crecimiento de la planta. Las temperaturas son especialmente críticas durante el período de floración, ya que por encima de los 25 °C o por debajo de los 12 °C la fecundación no se produce. Durante la fructificación las temperaturas inciden sobre el desarrollo de los frutos, acelerándose la maduración a medida que se incrementan las temperaturas. No obstante, por encima de los 30 °C (o por debajo de los 10 °C) los frutos adquieren tonalidades amarillentas (Gallo, 1979).

2.2.2 Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre 60% y 80%. Con humedades superiores al 80% incrementa la incidencia de enfermedades en la parte aérea de la planta y puede determinar, además, el agrietamiento de los frutos o dificultades en la polinización, ya que el polen se apelmaza. En el otro extremo, una humedad relativa menor al 60% dificulta la fijación de los granos de polen al estigma, lo que dificulta la polinización (Gallo, 1979).

2.2.3 Luminosidad

El tomate necesita de condiciones de muy buena luminosidad, de lo contrario los procesos de crecimiento, desarrollo, floración, polinización y maduración de los frutos pueden verse negativamente afectados (Gallo, 1979).

2.2.4 Suelo

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, el cual tiene que ser excelente, ya que no soporta el anegamiento. No obstante, prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica, por los mismos requerimientos esta planta se desarrolla muy bien en la hidroponía (Gallo, 1979).

2.2.5 pH

En cuanto al pH los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados. Es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad, tanto del suelo como del agua de riego (Gallo, 1979).

2.3 MADUREZ FISIOLÓGICA DEL TOMATE

2.3.1 Madurez de cosecha

La elección del momento justo de madurez para la cosecha de frutas y hortalizas es una consideración importante de pre-cosecha que tendrá gran influencia en la vida de pos-cosecha del producto y en su comercialización. Es importante en esta etapa distinguir claramente entre madurez fisiológica y comercial (Suslow y Cantwell, 2000).

2.3.2 Madurez fisiológica

La madurez fisiológica se refiere a la etapa del desarrollo de la fruta u hortaliza en que se ha producido el máximo crecimiento y maduración. Generalmente está asociada con la completa madurez de la fruta (Suslow y Cantwell, 2000).

2.3.4 Madurez comercial

La madurez comercial es simplemente la condición de un órgano de la planta requerido por un mercado. Los términos inmadurez, madurez óptima y sobre madurez se relacionan con las necesidades del mercado (Suslow y Cantwell, 2000).

2.4 MERCADO DEL TOMATE

El destino de mercado más importante para los tomates de racimo de Guatemala es Estados Unidos, este dispone de una amplia variedad de marcas y mercados internos, los cuales ofrecen distintos parámetros de calidad y a su vez precios con base en variedades y calidades, es importante recalcar que la única calidad que se puede exportar y la que más interesa producir es la de racimos de primera clase (Sagarpa, 2006).

2.4.1 Características del mercado

El mercado de Estados Unidos es abastecido por distintos países de América Latina, dentro de los que destaca México por su extensión en área de producción de tomate bajo invernaderos, se exportan distintas variedades y tipos de tomate, así como distintas presentaciones, dado a que el mercado es bastante exigente y existe bastante oferta, es necesario contar como mínimo con los parámetros de calidad establecidos por las marcas exportadoras (Sagarpa, 2006).

2.4.2 Índices de cosecha

Normas para tomate: La mínima madurez para cosecha (verde maduro 2, “mature green 2”) se define en términos de la estructura interna del fruto:

- Las semillas están completamente desarrolladas y no se cortan al rebanar el fruto.
- El material gelatinoso está presente en al menos un lóculo y se está formando en otros (FAO, 2007).

Tomates de larga vida de anaquel: La maduración normal se ve severamente afectada cuando los frutos se cosechan en el estado verde maduro 2 (VM2). La mínima madurez de cosecha corresponde a la clase rosa, que es el estado 4 de la tabla patrón de color utilizada por USDA, en que más del 30% pero no más del 60% de la superficie de la fruta muestra un color rosa-rojo. (* La mayor vida de anaquel se debe en parte, a la presencia de los genes rin o nor) (FAO, 2007).

2.4.3 Índices de calidad

La calidad del tomate estándar se basa principalmente en la uniformidad de forma y en la ausencia de defectos de crecimiento y manejo. El tamaño no es un factor que define el grado de calidad, pero puede influir de manera importante en las expectativas de su calidad comercial (Gorini, 2002).

Forma: Bien formado (redondo, forma globosa, globosa aplanada u ovalada, dependiendo del tipo (Gorini, 2002).

Color: Color uniforme (anaranjado-rojo a rojo intenso; amarillo claro), sin hombros verdes (Gorini, 2002).

Apariencia: Lisa y con cicatrices pequeñas correspondientes a la punta floral y al pedúnculo. Ausencia de grietas de crecimiento, cara de gato (catfacing), sutura (zippering), quemaduras de sol, daños por insectos y daño mecánico o magulladuras (Gorini, 2002).

Firmeza: Firme al tacto. No debe estar suave ni se debe deformar fácilmente debido a sobre madurez (Gorini, 2002).

Los grados de calidad en los Estados Unidos son: U.S. No. 1, Combinación, No. 2 y No. 3. La distinción entre grados se basa principalmente en la apariencia externa, en la firmeza y en la incidencia de magulladuras. Los tomates de invernadero se clasifican solamente como U.S. No. 1 ó No. 2 (FAO, 2007).

En el cuadro 1 se describen las dos diferentes clases de madurez, fisiológica y comercial del tomate en racimo; los grados de madurez se indican en el cuadro 2.

Cuadro 1. Madurez fisiológica y comercial del tomate en racimo.

Madurez	Descripción
Clase Verde maduro 1	Las semillas son cortadas por un cuchillo filoso al rebanar el fruto; no hay presencia de material gelatinoso en alguno de los lóculos; el fruto está a más de 10 días del estado Breaker.
Clase Verde maduro 2	Las semillas se desarrollaron completamente y no son cortadas al rebanar el fruto, el material gelatinoso está presente en al menos un lóculo; el fruto está de 6 a 10 días del estado Breaker. Madurez mínima de cosecha.
Clase Verde maduro 3	El material gelatinoso está bien desarrollado en los lóculos pero aún está completamente verde, el fruto está de 2 a 5 días del estado Breaker.
Clase Verde maduro 4	Se tiene una coloración intensa en el punto de floreo pero no hay cambio de color interno, el fruto está entre 1 y 2 días del estado Breaker.
Rompimiento de color (Breaker)	La primera coloración rosa o amarilla en el punto de floreo (USDA estado de color 2).
Cambiante (Turning)	Más del 10% pero no más del 30% de la superficie muestra un cambio definido de color de verde a amarillo, rosa o rojo (USDA estado de color 3).
Rosa	Más del 60% de la superficie muestra un color rosa (USDA estado de color 4)
Rojo Ligero	Más del 60% de la superficie muestra un color rojo-rosa pero menos del 90% de la superficie muestra un color rojo (USDA estado de color 5)
Rojo	Más del 90% de la superficie muestra un color rojo (USDA estado de color 6)

(Suslow y Cantwell, 2000).

Cuadro 2. Grados de madurez de tomate por clase o color.

Grado de madurez	Clase
0	Verde maduro 3
1	Verde maduro 4
2	Breaker
3	Rosa
4	Rojo ligero
5	Rojo
6	Rojo intenso

(Suslow y Cantwell, 2000).

2.4.4 Tomate variedad Clermon

El tomate (*Solanum lycopersicum*) en racimo variedad Clermon ha tenido auge desde los comienzos del programa de exportación hacia los Estados Unidos de Norte América en el año 2007. Su adaptabilidad a la región y potencial de producción bajo las condiciones climáticas subtropicales lo posicionan como una de las variedades de mayor rendimiento y adaptabilidad para Guatemala y Centro América

Esta variedad de tomate es de tipo racimo (T.O.V); cada racimo está conformado por cinco frutas de tamaño más o menos uniformes, proporciona excelentes rendimientos de fruta firme, redonda, de color rojo, sabroso, los rendimientos van de 35-50 kg/m², apto para ciclos de hasta 11 meses.

La variedad Clermon es tolerante a muchas enfermedades, tales como fusarium, es indispensable respetar las densidades adecuadas para permitir el buen desarrollo de las plantas y a su vez una adecuada ventilación para evitar el desarrollo de enfermedades, este material de tomate de preferencia debe ir injertado sobre un patrón vigorizante, puesto que es una variedad de tipo generativa.

2.5 ETHEPHÓN

Es un regulador de crecimiento, que libera etileno dentro de los tejidos vegetales poco después de la aplicación. El etileno es una hormona natural que induce y regula diferentes procesos en las plantas. Actúa en los procesos de maduración, coloración y senescencia en las plantas tratadas (Bayer Cropscience, 2005).

El ethephón se utiliza para promover la maduración antes de la cosecha de las frutas, se utiliza en frutos como tomates, remolacha azucarera, remolacha forrajera, el café y muchos otros productos. También se utiliza para facilitar la cosecha de frutas y bayas, para acelerar la maduración post-cosecha (por ejemplo, plátanos). Estimula el flujo de látex en los árboles de caucho, acelera la maduración de tabaco (Bayer Cropscience, 2005).

2.5.1 Modo de acción

Ethephón es un regulador de crecimiento de las plantas, el cual penetra en los tejidos traslocándose y descomponiéndose en etileno (Bayer Cropscience, 2005).

2.5.2 Ficha técnica del ethephón (Bayer Cropscience, 2005)

Ingrediente activo

Ethephón

Nombre químico

Acido-2-cloroetil-fosfónico

Grupo químico

Derivado del ácido fosfónico

Fórmula molecular

$C_2H_6ClO_3P$

Concentración y formulación:

480 g/L SL (Concentrado soluble)

Modo de acción

Contacto, hormonal.

Fabricante/formulador

Bayer CropScience S.A., Francia y Filiales

Registro S.A.G.

Nº 4013

Toxicidad

Normalmente no ofrece peligro

2.5.3 Principales características del ethephón

El ethephón libera etileno dentro de los tejidos vegetales poco después de la aplicación. El etileno es una hormona natural que induce y regula diferentes procesos en las plantas, actúa en los procesos de maduración, coloración y senescencia en las plantas tratadas (Bayer Cropscience, 2005).

2.5.4 Compatibilidad

Compatible con NNA800, Rovral, Benomilo. Al realizar una mezcla no conocida se recomienda efectuar una confirmación previa de compatibilidad. No mezclar con productos que contengan iones metálicos como hierro, zinc, cobre, ni fungicidas que contengan manganeso. Incompatible con materiales alcalinos. No es fitotóxico en las especies vegetales recomendadas, al ser aplicado de acuerdo con las instrucciones de la etiqueta y siguiendo las Buenas Prácticas Agrícolas (ver etiqueta en el anexo) (Bayer Cropscience, 2005).

2.5.5 Precauciones de uso

Puede causar daños severos en los ojos e irritación a la piel, por lo que es necesario evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Es peligroso si se ingiere o inhala. Debe manipularse con cuidado. Durante la manipulación y aplicación del producto utilizar equipo de protección: overol impermeable, guantes de P.V.C. o neopreno, botas de goma, protector y mascarilla facial. Procurar ventilación adecuada en el lugar de trabajo, no comer, beber o fumar durante su manipulación o aplicación. No aplicar en presencia de niños, personas en general y animales domésticos. Después del trabajo, lavar prolijamente con agua abundante y jabón las partes del cuerpo expuestas al producto. Sacar la ropa contaminada y lavarla separadamente de la ropa de la casa (Bayer Cropscience, 2005).

2.5.6 Precauciones al medio ambiente

Tóxico a peces y nocivo para aves. No contaminar alimentos, forrajes, cursos o fuentes de agua con el producto o sus envases. Tiempo de reingreso al área tratada: no reingresar antes de transcurridas dos horas después de la aplicación, verificando que la aspersión se haya secado (Bayer Cropscience, 2005).

2.5.7 Influencia de la temperatura sobre el ethephón

La temperatura de la solución y del lugar de almacenamiento posterior influyen en la respuesta. Mudgridge y Chaves (1989), citados por Romano (1996) hallaron que la exposición a etileno gaseoso también favoreció el proceso, dependiendo el efecto del grado de madurez del fruto y de la temperatura. En ambos casos los pimientos se deshidrataron rápidamente, ya que las temperaturas requeridas son relativamente altas (Bayer Cropscience, 2005).

2.5.8 Influencia de ethephón en la madurez del tomate

La aceleración de la maduración del tomate separado de la planta ha sido estudiada por Lockwood y Vines (1972), mediante la inmersión de los frutos en una solución de ethephón. Con el propósito de acelerar la maduración de frutos unidos a la planta, López Camelo y González (1994), demostraron que la aplicación localizada a nivel peduncular favorecía la coloración, en tanto que Romano (1996) determinó que dicho tipo de aplicación acortó el período de maduración a la mitad de su tiempo. Esto disminuyó la permanencia del fruto en la planta y redujo la caída de flores, proceso que normalmente ocurre como consecuencia de la competencia entre los destinos por los asimilados.

2.5.9 Antecedentes

El racimo de tomate T.O.V está conformado por seis o siete flores, las cuales van desarrollándose una tras otra con un intervalo de hasta dos días entre cada flor, el resultado de este desarrollo fisiológico es que así mismo se da la polinización, fecundación, desarrollo y madurez de los diferentes frutos del racimo, esto conlleva que si no se interviene con ninguna práctica de inducción a la maduración de los frutos, los racimos serán de maduración desuniforme (Bayer Cropscience, 2005).

El ethephón (ácido 2 cloroetilfosfónico) es utilizado para acelerar la maduración en plantas de varios cultivos, ya que al entrar en contacto con el tejido vegetal libera etileno. En tomates para industria, cuya floración es concentrada, una única aplicación permite uniformar la madurez. Sin embargo, en especies de sucesivas floraciones como el tomate, el escalonamiento en la fructificación dificulta esta práctica, haciendo que la pulverización de las plantas tenga que repetirse durante la estación de cultivo. Asimismo, debido a que las dosis a aplicar son bajas a fin de evitar la caída de hojas y frutos, muchas veces el tratamiento no resulta del todo efectivo (Batal y Granberry, 1982, citado por Armitage, 1989; Cantliffe y Goodwin, 1975; Conrad y Sundstrom, 1987).

El tratamiento con ethephón no tiene una influencia significativa ni sobre la producción ni sobre el peso medio de los frutos, y no tiene incidencia sobre pérdidas debidas a enfermedades, pero sí mejora la agrupación de la maduración y adelanta un poco la fecha de recolección, se detecta también cierta influencia negativa sobre el contenido de sólidos solubles y el color de los frutos, si la dosis aplicada resulta excesiva para las temperaturas que se producen después del tratamiento. La regulación de la dosis en relación con las temperaturas previstas después del tratamiento es fundamental, si la dosis es demasiado baja no se consigue ningún efecto y si, por el contrario, es muy elevada el tratamiento provoca la rápida defoliación de las plantas con el siguiente riesgo de asolamiento (Nuez, 1999).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El mercado internacional para tomate de racimo es bastante exigente en cuanto a la calidad del producto, debido a esto los aspectos más importantes que se evalúan para que un tomate de racimo pueda ser exportado son: el grado secuencial de madurez del primer fruto al último; el racimo debe de poseer el total de sus frutos en un mismo estado de madurez (grado 3-4) o al menos que el último fruto posea un grado dos de exportación; que el racimo comprenda un mínimo de cuatro frutos; el tamaño, la consistencia del fruto y la vida de anaquel.

Los tomates del racimo maduran fisiológicamente de forma des uniforme, lo cual quiere decir que al momento de la cosecha el primer fruto puede alcanzar un grado de madurez cinco y el último fruto del racimo un grado de madurez dos. Esto se debe a que según la fisiología de la planta las flores del racimo van abriendo y madurando secuencialmente en relación a su aparición y madurez posterior llamada cuaje de frutos. Por lo tanto, el primer fruto que madura en el racimo es el primer fruto fecundado, de la madurez de este fruto al siguiente existe un tiempo aproximado de un día, lo cual hace que un racimo naturalmente madure en forma relacionada a la apertura y fecundación de las flores, lo que provoca que el racimo no sea aceptable para el mercado de exportación.

El productor de tomates de racimo de invernadero aún no ha encontrado la alternativa adecuada para lograr que su racimo pueda llegar a los parámetros colorimétricos requeridos para ser exportados y así mejorar sus rendimientos y aceptabilidad en el mercado internacional. Con esta investigación se buscaba una solución a este problema, y a la vez investigar los efectos positivos y negativos del ethephón sobre la madurez fisiológica de los racimos de tomate, así también encontrar sus formas de uso adecuado y la dosis esencial para conseguir los resultados deseados.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Conocer el efecto de ethephón sobre la madurez fisiológica de los frutos que integran el racimo de tomate variedad Clermon.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la influencia del grado de madurez del primer fruto en el momento de la aplicación del ethephón al 48%, sobre la maduración obtenida del resto de frutos después de la aplicación.

Determinar la dosis adecuada de ethephón al 48% que provoque cambios en la madurez fisiológica secuencial de los cinco frutos del racimo de tomate.

Determinar, después de aplicado cada tratamiento de ethephón al 48%, el número de días en que el racimo de tomate alcanza un grado de madurez cinco para ser cosechado.

Evaluar la influencia del ethephón al 48%, sobre la vida de anaquel del racimo de tomate.

V. HIPÓTESIS

El grado de madurez del primer fruto al momento de la aplicación de ethephón al 48% influye sobre la madurez del resto de frutos del racimo.

Al menos uno de los tratamientos de ethephón al 48% tiene un efecto positivo sobre la madurez secuencial de los cinco frutos del racimo.

Al menos uno de los tratamientos de ethephón al 48% disminuye los días a maduración del tomate en racimo.

Por lo menos uno de los tratamientos de ethephón al 48% produce un efecto positivo sobre la vida de anaquel de los frutos de tomate.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo de investigación fue realizado en estructura de Invernadero, en la finca El Valle, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, carretera a Mataquesuintla, en el km 77.5; al norte colinda con la aldea Casillas, Santa Rosa, al sur con Nueva Santa Rosa, al este con aldea Cacalotepeque y al oeste con aldea Chapas. El lugar se encuentra a una altura de 1003 msm. Sus coordenadas son latitud norte 14° 23' 50.38" y longitud oeste 90° 15' 52.89".

El invernadero es un modelo Ambar 8, marca Azrom, con condiciones adecuadas de temperatura, las cuales se encuentran en un promedio de 23 °C y una humedad relativa promedio de 50%; el 100% del cultivo estuvo en forma hidropónica, en bolsas con sustrato de fibra de coco.

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

- Se utilizaron para la investigación racimos de tomate constituidos por cinco frutos de la variedad Clermon, injertada sobre un patrón de la variedad Emperador.
- Ethephón al 48%.

6.2.1 Tomate variedad Clermon

Esta variedad de tomate es de tipo racimo (T.O.V); cada racimo está conformado por cinco frutas, proporciona excelentes rendimientos de fruta firme, redonda, de color rojo, sabroso, los rendimientos van de 35-50 kg/m², apto para ciclos de hasta 11 meses.

6.2.2 Ethephón

Modo y mecanismo de acción: ethrel 48 SL, es un regulador de crecimiento fosfónico, a base de ethephón, con propiedades sistémicas, penetra a través de los tejidos de la planta y es traslocado y descompuesto en etileno.

6.3 FACTORES ESTUDIADOS

Los factores evaluados fueron los siguientes:

- Dosis de ethephón al 48% (0, 5, 10, 15, 20, 25 cc por litro de agua)
- Grado de madurez del primer fruto del racimo al momento de la aplicación.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se evaluaron doce tratamientos, los cuales se describen en el cuadro 3

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamientos	Grado de madurez	Clase	Dosis de ethephón al 48% (cc/L)
1	0	Verde maduro 3	0
2	0	Verde maduro 3	5
3	0	Verde maduro 3	10
4	0	Verde maduro 3	15
5	0	Verde maduro 3	20
6	0	Verde maduro 3	25
7	2	Bracker	0
8	2	Bracker	5
9	2	Bracker	10
10	2	Bracker	15
11	2	Bracker	20
12	2	Bracker	25

(Ver cuadros de madurez 1 y 2)

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó fue bloques completos al azar, con un arreglo bifactorial, con doce tratamientos y cinco repeticiones distribuidos de forma aleatoria.

6.6 MOELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico para el diseño experimental utilizado fué el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + R_k + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variable respuesta en la ijk -ésima unidad experimental

μ = Media general

A_i = Efecto de la i -ésima modalidad del factor A (Dosis)

B_j = Efecto de la j -ésima modalidad del factor B (Color)

AB_{ij} = Efecto de la interacción entre la i -ésima modalidad del factor A y la j -ésima modalidad del factor B

R_k = Efecto del k -ésimo bloque

E_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk -ésima unidad experimental.

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental tuvo un área de 3.3 m lineales, estuvo constituida por cuatro bolsas de fibra de coco (growbag), con dimensiones de 50 cm de largo X 20 cm de ancho X 12 cm de alto, distanciadas entre cada una a 43.3 cm. A una distancia de 1.5 m entre cada hilera, cada bolsa de sustrato contenía dos injertos y cada injerto contenía dos ejes, para lograr una densidad de 3.23 ejes por m², se dejaron tres hileras como efecto de borde.

6.8 CROQUIS DE CAMPO

La distribución de los tratamientos en el invernadero se muestra en la figura 1

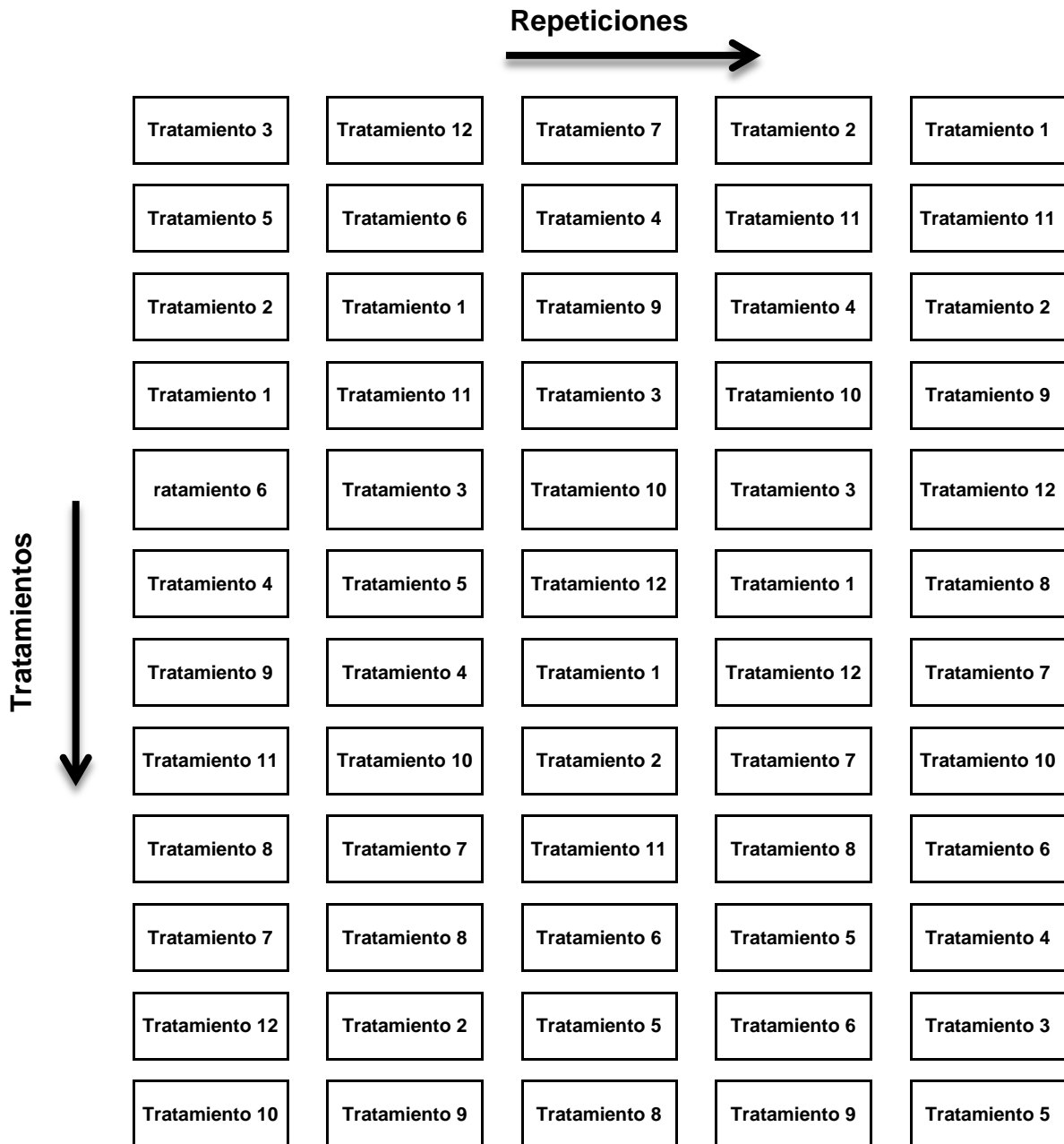


Figura 1. Aleatorización de los tratamientos

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1 Sustrato

Se utilizó un sustrato a base de fibra de coco dentro de bolsas denominadas growbag, el sustrato tenía un contenido de 70% chip de coco (partículas de 2.54 cm) 25% fibra de coco y 5% polvo de coco.

6.9.2 Sistema de riego

El riego se realizó a través de lanzas unidas a goteros auto compensados y antidrenantes, enterradas 2.54 cm en el sustrato, una lanza por cada eje, los cuales fueron abastecidos de agua con nutrientes por una manguera ciega, la cual se conectó a una tubería central que era controlada por válvulas eléctricas, estas válvulas fueron dirigidas por una unidad central automatizada de marca Priva.

6.9.3 Nutrición

La nutrición se realizó con una solución madre (ver cuadro 4), la semana 1 del cultivo se le abasteció al sustrato una CE de 1.5 de riego (entrada) y CE de 1 de drenaje (salida). En la semana 2 se le abasteció una CE de 1.5 de riego (entrada) y CE de 2.5 de drenaje (salida). De la semana 3 hasta la semana 5 se le suministró una CE de 2.5 de riego (entrada) y 3.5 de drenaje (salida), a partir de la semana 6 se trató de suministrar una CE de 2.5-3 en el riego (entrada) y 3.5-4 en el drenaje (salida), en este momento fue esencial una CE un poco más alta, ya que a partir de esta semana empezaron a madurar los racimos, toda el agua que drenó el sustrato fue recolectada y tratada por un sistema automatizado llamado Vialux, el cual recicla el agua de riego y lo traslada a tanques con una CE de 1, para volver a ser utilizado para riego dentro de la misma estructura.

6.9.4 Solución nutritiva

En el cuadro 4 se presentan los componentes de las soluciones nutritivas utilizadas en la hidroponía.

Cuadro 4. Solución nutritiva (ppm) utilizada en el cultivo de tomate

Elemento	ppm
N (nitrógeno)	120
P (fósforo)	60
K (potasio)	350
Ca (calcio)	180
Mg (magnesio)	55
Fe (hierro)	4
Mn (manganeso)	0.9
Zn (Zinc)	0.8
Cu (cobre)	0.5
Mo (molibdeno)	0.05

6.9.5 Manejo del cultivo

Deshoje: Se realizó un deshoje a la semana 3 del cultivo, eliminando únicamente los 2 cotiledones, a partir de la semana 7 se manejaron únicamente 2 hojas bien formadas por cada racimo y el resto se eliminaron con tijeras.

Deshije: Se eliminaron semanalmente todos los hijos que nacieron en las yemas axilares, dejando únicamente 2 ejes o guías que produjeron durante todo el ciclo.

Raleo: Esta práctica consistió en eliminar las últimas 2 o 3 flores de cada racimo para que se desarrollaran correctamente los 5 frutos que quedaron por cada racimo y se realizó a partir del apareamiento del primer racimo.

6.9.6 Aplicación de ethephón al 48% en racimos

Esta aplicación se realizó a los cinco frutos de cada racimo dependiendo del grado de madurez del primer fruto, según los tratamientos descritos en el cuadro 3, una sola vez por semana por cada racimo, ya que la planta madura fisiológicamente un racimo por semana y naturalmente esto sucede de grado 0 a 5 en 6 - 7 días por lo que se tomó este parámetro para determinar los días a cosecha después de aplicado el tratamiento.

- La aplicación se realizó con una esponja con dimensiones de 0.5 cm de alto X 10 cm de largo X 8 cm de ancho.
- Se utilizó un recipiente con capacidad de 1 L para portar la mezcla del ethephón al 48%.
- Se sumergió la esponja en una cantidad de 25 cc de mezcla y luego se exprimió para eliminar el exceso, se procedió a frotar la esponja con producto en la base de los frutos de tomate dejando una capa delgada evitando dejar gotas con acumulación de producto y previniendo el contacto con el tallo de la planta y hojas.
- El experimento se realizó únicamente en los racimos que ya habían obtenido el grado de madurez que requería cada tratamiento en la semana de la aplicación y cada uno fue enumerado con base a su posición en la planta y número de tratamiento

6.9.7 Cosecha

Cada racimo con su tratamiento aplicado se monitoreó diariamente para determinar el punto óptimo de la cosecha y teniendo como límite 4 días después de la aplicación de ethephón al 48%, se cosechó cada racimo conforme fue adquiriendo su punto de madurez por cada tratamiento y dosis.

Cada racimo cosechado se le midió el grado de madurez con parámetros internacionales de cada fruto del racimo, se determinaron los días a cosecha después de la aplicación y la vida de anaquel se midió en días, esto se realizó en cuartos fríos como se hace comúnmente con el resto de fruta, su trazabilidad para medición de porcentajes de aprovechamiento se realizó a través de envíos.

6.10 VARIABLES RESPUESTA

Homogeneidad de maduración del racimo.

Con base en el grado de madurez del primer fruto del racimo al momento de la aplicación, se midió si existía influencia directa sobre el resultado de madurez del resto de frutos del racimo, y si fuera así cuál de las cinco dosis presentaba menor diferencia en grados de madurez entre el primero y último fruto después de la aplicación de ethephón al 48%.

Días a cosecha

Se midieron contando a partir del momento de la aplicación hasta el día de cosecha, cuando el 80% del racimo llegue a grado 5.

Vida de anaquel

Se determinó en días, hasta que el fruto perdió su calidad de exportación. Esto se realizó en un cuarto frío con temperaturas de 10-12 °C y 95% de HR.

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se realizó un análisis de varianza por cada variable respuesta; en las variables que mostraron diferencia significativa se le realizó una prueba de Tukey.

VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 HOMOGENEIDAD DE MADURACIÓN DEL RACIMO

En el cuadro 5 se muestra el análisis de varianza para la variable homogeneidad de maduración del racimo, para observar si existía influencia entre la madurez del primer fruto al momento de la aplicación y la madurez obtenida del resto de frutos después de la aplicación.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable homogeneidad de maduración del racimo.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor	Pr > F	
Color	1	0.0001667	0.0001667	0.15	0.697	N/S
Dosis	5	30.9275	6.1855	5709.69	<.0001	**
Bloque(color)	8	0.0046667	0.0005833	0.54	0.8204	N/S
Color*dosis	5	0.7608333	0.1521667	140.46	<.0001	**
Error	40	0.0433333	0.0010833			
Total	59	31.7365				

N/S= Diferencia no significativa

**= Diferencia altamente significativa

CV= 2.6%

Los resultados muestran que existe diferencia altamente significativa en las dosis, esto significa que la aplicación de ethephón si tiene influencia directa sobre la liberación de etileno de cada fruto, provocando un cambio en su maduración; la interacción entre la madurez del primer fruto al momento de la aplicación y las diferentes dosis mostró diferencia altamente significativa, lo cual refleja que si hay una respuesta de los frutos de tomate a madurar después de la aplicación de ethephón y que las diferentes dosis reaccionan positivamente y de manera distinta con base al color del primer fruto, esto se debe a la liberación de etileno provocada por la aplicación directa de ethephón a cada fruto ya que el ingrediente activo funciona de manera localizada al entrar en contacto con los frutos, y por lo mismo se midió la diferencia de grados de madurez

entre el primero y último frutos del racimo, para determinar la diferencia de grados de madurez al momento de la cosecha que provocó cada dosis con base al color del primer fruto al momento de la aplicación, por lo que se procedió a hacer una prueba de tukey para identificar con cuál de las dosis se tenía menor diferencia de madurez.

Cuadro 6. Prueba de tukey para la variable homogeneidad de maduración del racimo

Dosis cc/L	Diferencia de grados de madurez	Tukey (0.05)
10	0.85	A
15	0.85	A
25	0.85	A
5	1.04	B
20	1.15	C
Testigo	2.85	D

De acuerdo a los resultados muestra que en las dosis de 10, 15 y 25 cc/L son en la que menor diferencia de grados de madurez se obtuvo después de la aplicación de ethephón con relación al testigo, estas dosis reflejaron un promedio de 0.85 grados de diferencia entre el primero y último frutos del racimo, lo cual demuestra que el ethephón produce un efecto positivo en la aceleración de la madurez de los frutos, debido a que promueve la liberación de etileno y por lo mismo aporta a la madurez secuencial de los cinco frutos del racimo, volviéndolo más homogéneo.

Cuadro 7. Prueba de tukey para la variable homogeneidad de maduración del racimo y la interacción entre color del primer fruto y las diferentes dosis.

Color de primer fruto	Dosis cc/litro	Diferencia de grados de madurez	Tukey (0.05)
Verde	10	0.80	A
Verde	15	0.80	A
Verde	25	0.80	A
Bracker	10	0.90	B
Bracker	15	0.90	B
Bracker	20	0.90	B
Bracker	25	0.90	B
Verde	5	0.98	C
Bracker	5	1.10	D
Verde	20	1.40	E
Verde	0	2.80	F
Bracker	0	2.90	G

El cuadro 7 refleja que las diferentes dosis reaccionan de manera distinta con base al grado de madurez del primer fruto al momento de la aplicación, se aplicaron las distintas dosis a cada racimo cuando el primer fruto alcanzó el color deseado según el tratamiento que correspondía, siendo estos verde maduro 3 y bracker, en las dosis que menos grados de madurez entre el primero y ultimo frutos del racimo mostraron fueron las de 10, 15 y 25 cc/L con el primer fruto de color verde maduro 3 (grado 0) al momento de la aplicación, en donde se obtuvo un promedio de diferencia de 0.8 grados entre el primero y últimos frutos del racimo y las dosis de 10, 15, 20 y 25 cc/L con grado 2 (bracker) de maduración al momento de la aplicación reflejaron una diferencia de madurez promedio de 0.9 grados entre el primero y últimos frutos del racimo.

7.2 DÍAS A COSECHA

En el cuadro 8 se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable días a cosecha.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable días a cosecha

Fuente	DF	Suma de cuadrados	cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F	
Color	1	4.8166667	4.8166667	144.5	<.0001	**
Dosis	5	33.75	6.75	202.5	<.0001	**
Bloque(color)	8	0.2666667	0.0333333	1	0.4512	N/S
Color*dosis	5	3.0833333	0.6166667	18.5	<.0001	**
Error	40	1.3333333	0.0333333			
Total	59	43.25				

N/S= Diferencia no significativa

**= Diferencia altamente significativa

CV= 3.84%

De acuerdo al cuadro 8 existe diferencia altamente significativa en la influencia que tiene la madurez del primer fruto al momento de la aplicación, en las dosis y en la interacción del color del primer fruto y las dosis sobre los días a cosecha, lo cual demuestra que el grado de madurez del primer fruto del racimo si determina la madurez que posee el racimo al momento de la aplicación, que la influencia del ethephón a acortar los días a cosecha es directa debido a la aceleración de la madurez de cada fruto del racimo, y que el ethephón presenta una reacción distinta en cada dosis con base la madurez del primer fruto al momento de la aplicación, por lo que fue importante determinar cuál de las cinco dosis con relación al color del primer fruto del racimo al momento de la aplicación presentó la mayor influencia sobre el acercamiento a la cosecha de cada racimo, por lo que se procedió a realizar una prueba de tukey para identificar cuál de las dosis presentó menos días a cosecha después de la aplicación..

Cuadro 9. Prueba de tukey para la variable días a cosecha y grado del primer fruto al momento de la aplicación de ethephón al 48%.

Color de primer fruto	Días a cosecha	Tukey (0.05)
Bracker	4.47	A
Verde	5.03	B

Según refleja el cuadro 9 que los racimos con el primer fruto con color bracker (grado 2) fueron en los que menos días a cosecha se obtuvieron, ya que un racimo con el primer fruto en este grado demuestra un avance en la madurez con respecto al color verde maduro 3 (Grado 0) esto es debido a que el grado de madurez del primer fruto determina el inicio de madurez del racimo.

Cuadro 10. Prueba de tukey para la variable días a cosecha y dosis de ethephón al 48%.

Dosis cc/litro	Días a cosecha	Tukey (0.05)
20	4.00	A
25	4.00	A
10	4.50	B
15	4.50	B
5	5.50	C
0	6.00	D

Según refleja el cuadro 10 las dosis de 20 y 25 cc/L son en las que más se acercó la cosecha, con estas dosis se obtuvo un promedio de 4 días a cosecha, esto indica que a mayor dosis aplicada la liberación de etileno es mayor y se acelera más la maduración de cada fruto, por lo mismo se acortan los días a cosecha del racimo completo.

Cuadro 11. Prueba de tukey para la variable días a cosecha y la interacción entre el color del primer fruto al momento de la aplicación.

Color de primer fruto	Dosis cc/litro	Días a cosecha	Tukey (0.05)
Bracker	10	4.00	A
Bracker	15	4.00	A
Verde	20	4.00	A
Verde	25	4.00	A
Bracker	20	4.00	A
Bracker	25	4.00	A
Verde	10	5.00	B
Bracker	0	5.00	B
Verde	15	5.00	B
Bracker	5	5.00	C
Verde	5	6.00	C D
Verde	0	6.20	D

En el cuadro 11 se puede observar que en las dosis de 10, 15, 20 y 25 cc/L (tratamientos 9 , 10, 11,12) aplicadas a racimos con el primer fruto en color bracker (grado 2), y las dosis de 20 y 25 cc/L (tratamientos 5 y 6) aplicadas a racimos con el primer fruto en color verde maduro 3 (grado 0) fue en las que más se acortaron los días a cosecha, se obtuvo un promedio de 4 días a cosecha, lo cual refleja que al realizar la aplicación con el primer fruto en color bracker los frutos del resto del racimo tienen un tendencia a madurar más rápido aún con dosis más bajas que las utilizadas en la aplicación a racimos con el primer fruto con color verde maduro 3 (grado 0).

7.3 VIDA DE ANAQUEL

En el cuadro 12 se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable de vida en anaquel.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable vida de anaquel

Fuente	DF	Suma de cuadrados	cuadrados de la media	F-Valor	Pr > F	
Color	1	68.266667	68.266667	4096	<.0001	**
Dosis	5	13	2.6	156	<.0001	**
Bloque(color)	8	0.1333333	0.0166667	1	0.4512	N/S
Color*dosis	5	2.3333333	0.4666667	28	<.0001	**
Error	40	0.6666667	0.0166667			
Total	59	84.4				

N/S= Diferencia no significativa

**= Diferencia altamente significativa

CV= 0.88%

De acuerdo al cuadro 12, que corresponde al análisis de varianza de la variable respuesta de vida de anaquel, existe diferencia altamente significativa en el color del primer fruto al momento de la aplicación sobre la vida de anaquel del racimo, por lo que se procedió a hacer una prueba de Tukey para identificar la reacción de la vida de anaquel del racimo en cada dosis con relación al color del primer fruto del racimo al momento de la aplicación.

Cuadro 13. Prueba de Tukey para la variable vida de anaquel y el color del primer fruto al momento de la aplicación de ethephón al 48%.

Color de primer fruto	Vida de anaquel	Tukey (0.05)
Verde	15	A
Bracker	13	B

En el cuadro 13 se observa que estando el primer fruto de color verde maduro 3 (grado 0) al momento de la aplicación la vida de anaquel se extiende a 15 días después de cosechado el racimo, dos días más en relación a la aplicación realizada a racimos con el primer fruto en color bracker (grado 2).

Cuadro 14. Prueba de Tukey para la variable vida de anaquel y las diferentes dosis de ethephón al 48%.

Dosis cc/litro	Días	Tukey (0.05)
0	15	A
5	15	A
10	15	A
15	14	B
20	14	C
25	14	C

En cuadro 14 se muestra que las dosis de 5 y 10 cc/L fueron las que mayor vida de anaquel tuvieron igual que el testigo en las que se obtuvo un promedio de 15 días, esto indica que la aplicación de ethephón si tiene influencia directa sobre la liberación de etileno de los frutos de tomate, la cual continúa después de la cosecha, este dato es importante para poder conocer la vida pos-cosecha que tendrán los racimos dependiendo de la dosis empleada y el país de destino, ya que la vida de anaquel es un factor importante para la comercialización y consumo.

Cuadro 15. Prueba de Tukey para la variable de vida de anaquel y la interacción de color del primer fruto y las diferentes dosis de ethephón al 48%.

Color de primer fruto	Dosis cc/litro	Días	Tukey (0.05)
Verde	0	16.00	A
Verde	5	16.00	A
Verde	10	16.00	A
Verde	15	16.00	A
Verde	20	15.00	B
Verde	25	15.00	B
Bracker	0	14.20	C
Bracker	5	14.00	C
Bracker	10	14.00	C
Bracker	15	13.00	D
Bracker	20	13.00	D
Bracker	25	13.00	D

De acuerdo al cuadro 15 en las dosis 0, 5, 10, 15 cc/L aplicadas a racimos con el primer fruto con color verde maduro 3 (grado 0) (Tratamientos 1, 2, 3, 4) son en las que mayor vida de anaquel se obtuvo después de la cosecha, siendo el promedio por cada tratamiento de 16 días, por lo que denota que el ethephón tiene un efecto sobre la aceleración de la maduración a través de la liberación de etileno, el cual en ningún momento se detiene, por esta razón se acorta la vida de anaquel del racimo de manera relativa a la dosis utilizada, este dato es importante para racimos de exportación relacionado a la pérdida de calidad con base en los días que permanezca el racimo sin consumirse después de cosechado.

IX. CONCLUSIONES

El color del primer fruto del racimo influye positivamente en el momento de la aplicación de ethephón al 48% sobre el resultado de maduración del racimo, el color ideal del primer fruto al momento de la aplicación es verde maduro 3 (Grado 0).

Las dosis más adecuadas de ethephón al 48% para obtener la mejor homogeneidad de madurez del racimo de tomate fueron las de 10, 15 y 25 cc/L con el primer fruto de color verde maduro 3 (grado 0) al momento de la aplicación.

Existe influencia directa de la aplicación de ethephón al 48% sobre los días a cosecha, se determinó que en cuanto mayor fue la dosis aplicada más se acortaron los días a cosecha, las dosis de 10, 15, 20 y 25 cc/L (tratamientos 9 , 10, 11,12) aplicadas a racimos con el primer fruto en color bracker (grado 2), y las dosis 20 y 25 (tratamientos 5 y 6) aplicadas a racimos con el primer fruto en color verde maduro 3 (grado 0) fue en las que más se acortaron los días a cosecha.

La aplicación de ethephón al 48% tiene influencia sobre la vida de anaquel del racimo de tomate, las dosis de 0, 5, 10, 15 cc/L aplicadas a racimos con el primer fruto con color verde maduro 3 (grado 0) (Tratamientos 1, 2, 3, 4) son en las que mayor vida de anaquel se obtuvo después de la cosecha.

X. RECOMENDACIONES

Para condiciones de clima y fisiología de la planta similares a las de la presente investigación se recomienda utilizar la dosis de 10 cc/L con el primer fruto del racimo verde maduro 3 (grado 0)

Se recomienda continuar con esta investigación para evaluar la interacción del clima con la aplicación de ethephón y la madurez fisiológica del racimo de tomate.

Es recomendable realizar investigaciones para ver la relación en la efectividad con base a la variación del pH de la solución de ethephón en función del tiempo y contacto con materia orgánica (polvo en la superficie de los frutos).

También es recomendable realizar la prueba en distintos tipos de tomate como beef, cherries, y tipo romas, bajo estructura en hidroponía y en suelo, en distintas localidades y distintas dosis.

XI BIBLIOGRAFÍA

Anderlini, R. (1989). El cultivo del tomate. Guías de agricultura y ganadería. Q Ediciones Creac, Barcelona. ISBN 84-329-2207-2.

Bayer cropscience Curso de invernaderos del INCAPA (2005) Recomendaciones para mantener la calidad post-cosecha. En red. Disponible en: <http://www.bayercropscience.cl/soluciones/fichaproducto.asp?id=129>.

Bibliografía citada Armitage, A. M. (1989). Promotion of fruit ripening of ornamental peppers by ethephon. Hortscience24(6): 962-964.

Cantliffe, D. J. and P. Goodwin. (1975). Red color enhancement of pepper fruits by multiple applications of ethephon. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100(2): 157-161.

Conrad, R. S. and F. J. Sundstrom. (1987). Calcium & ethephon effects on Tabasco pepper leaf & fruit retention & fruit color development. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(3): 424-426.

Díaz O. (2004) Carotenoides totales, licopeno y calidad de frutos de tomate tratados con 1-MCP a diferentes temperaturas. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Culiacán. Culiacán, Sinaloa. Febrero. Director: Dr. Jorge H. Siller Cepeda.

Dimitri, M.J. (1978). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo I. Descripción de las plantas cultivadas. Segundo volumen. 3ª edición. Editorial ACME S.A.C.I., Buenos Aires, Argentina, 657-1163. ISBN 978-950-565-343-0.

FAO. (2007). Manual del manejo post-cosecha de frutas tropicales. En red. Disponible en:

http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS_PDF/HORTOFRUTICOLA/Fao.%20Manual%20para%20cosechas.pdf

Folquer, F. (1976). El tomate. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-950-504-145-9

Gallo, José. (1979). Cultivo del tomate. Editorial Pueblo y Educación, La Habana.
Iglesias, Pilar. 1988. El libro del tomate. El libro de bolsillo, sección libros útiles. Alianza Editorial, Madrid. ISBN 84-206-0363-5.

Gorini, F. (2002). Guía completa del cultivo de tomate. Barcelona, España. Editorial Devecchi S.A.

Lockwood, D. and H. M. Vines. (1972). Red color enhancement of pimiento peppers with (2-Chloroethyl) phosphonic acid. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97(2):192-197.

López Camelo, A. F. and M. V. González. (1994). Aplicación de ethephon en planta, su efecto sobre el cambio de coloración de los frutos de tomate y de pimiento. Informe interno. INTA E.E.A. Balcarce. 2 pp.

Nuez, F. (1999). El cultivo del tomate. España. Ediciones Mundi-prensa.

Paola P. Giorgi, Andrés F. López Camelo y Perla A. Gómez. (2001). Tesis. Efecto de dos tratamientos de aplicación localizada de ethephón sobre la maduración de pimiento (*Capsicum annum* L). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Ruta 226 Km 73,5 (7620) Balcarce, Argentina. Estación Experimental Agropecuariade Balcarce. INTA. c.c. 276. (7620) Balcarce, Argentina.

Rodríguez Rodríguez, R. ;Tabarez Rodríguez, J.; Medina San Juan, J. (1984). Cultivo Moderno del tomate. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. (Trevor V. Suslow y Marita Cantwell, Departament of vegetablecrops, Universiti of California, Davis, CA 95616.

Sarli, A. (1980). Tratado de Horticultura. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. ISBN 950-504-144-6.

Romano, G. (1996). Efecto de la aplicación localizada de ethephon sobre la maduración del pimiento. Tesis de graduación.UNMdP. 152 pp

Sagarpa. (2006). Estudio de oportunidades de mercado e inteligencia comercial y estudio de logística internacional de tomate.

Suslow T. Cantwell M. (2000). Curso de invernaderos del INCAPA. Departamento of vegetables crops, University of california. En red. Disponible en: <http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Tomate.pdf>

XI ANEXOS



Figura 2. Racimo de tomate sin aplicación de ethephon al 48% (Testigo)

Fórmulas empleadas

Diferencia de grados entre primero y último fruto

$$GM1F - GMUF = DGEPUF$$

Grados de madurez del primer fruto – grados de madurez del último fruto = Diferencia de grados de madurez entre primero y último fruto.

Porcentaje de variación de color entre primero y último fruto

$$DGEPUF \div GM1F = \% \text{ de variación de color entre primero y último fruto.}$$

Diferencia de grados de madurez entre primero y último fruto \div Grados de madurez del primer fruto = porcentaje de variación de color entre primero y último fruto del racimo.

Testigo



Tratamiento 6



Figura 3. Coloración obtenida en tomates con tratamiento de ethephon al 48% y testigo.



Figura 4. Racimo sin tratamiento de ethephon al 48%



Figura 5. Modo de aplicación de ethephon al 48%



Figura 6. Forma de aplicación de ethephon 48%