

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
MAESTRIA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**EFFECTO DEL METANOL Y AUXINAS SOBRE PROCESOS
FISIOLOGICOS Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO
EN JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

T E S I S

**Que como requisito parcial para la
obtención del grado de:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

EFRAIN CONTRERAS MAGAÑA

CHAPINGO, MEXICO. MARZO DE 1996



DX 84041
-143859

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del **MC. FELIPE SANCHEZ DEL CASTILLO** y la asesoría del **DR. JAIME SAHAGUN CASTELLANOS** y ha sido aprobada por ellos y los demás miembros del jurado para que el **ING. EFRAIN CONTRERAS MAGAÑA** obtenga el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESIDENTE:



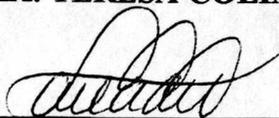
MC. FELIPE SANCHEZ DEL CASTILLO

ASESOR:



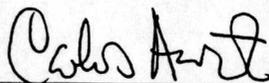
DRA. MA. TERESA COLINAS LEON

ASESOR:



DR. JAIME SAHAGUN CASTELLANOS

**REPRESENTANTE POR LA
COORDINACION DE ESTUDIOS
DE POSGRADO EN LA UACH:**



MC. CARLOS ACOSTA ZAMUDIO

**REPRESENTANTE POR LA
COORDINACION DE ESTUDIOS
DE POSGRADO EN HORTICULTURA:**



DR. GUSTAVO ALMAGUER VARGAS

AGRADECIMIENTOS

Al MC. Felipe Sánchez del Castillo: mi director, maestro, amigo, compañero y un ejemplo como investigador y como persona. Gracias por siempre orientarme.

Al Dr. Jaime Sahagún Castellanos por fundar esta maestría, por su ayuda sin interés en el análisis estadístico de los resultados y por que con su cátedra aprendí a ver la ciencia de otra manera.

A la Dra: Ma. Teresa Colinas León por su apoyo y estímulo como estudiante y en la realización y publicación del presente trabajo.

Al Dr. Gustavo Almaguer Vargas y al MC. Carlos Acosta Zamudio por la revisión y sugerencias para mejorar la publicación.

Al Sr. Antonio Junco Naranjo por las facilidades brindadas al proporcionar espacios para la realización de los experimentos.

Al Biol. José C. Vázquez, Sr. Víctor Sánchez y Sr. Gumaro Meraz por su desinteresado apoyo en los análisis de laboratorio.

A todos mis maestros y amigos que de alguna manera participaron en mi formación y en la realización de este trabajo de tesis.

DEDICATORIA

A mi esposa Vicky

A mi hijo Efraim

A mi madre Ma. Trinidad

A mis hermanos

A la memoria de mi padre José

A la memoria de mi tía Ma de la Luz

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	i
INDICE DE FIGURAS.....	i
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE 1.....	ii
INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE 1.....	ii
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE 2.....	ii
INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE 2.....	v
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	7
III. HIPOTESIS.....	7
IV. REVISION DE LITERATURA.....	8
4.1. Aspectos generales.....	8
4.1.1. Sistemas para la producción continua de jitomate.....	10
4.1.2. Hidroponia.....	13
4.1.3. Invernaderos.....	15
4.2. Características morfológicas y anatómicas del jitomate.....	17
4.2.1. Raíz.....	17
4.2.2. Tallo.....	18
4.2.3. Hoja.....	20
4.2.4. Flores e inflorescencias.....	21
4.2.5. Fruto.....	22
4.3. Efecto de condiciones ambientales en la etapa reproductiva.....	23
4.3.1. La polinización.....	23
4.3.2. El establecimiento del fruto.....	24
4.3.3. Comportamiento del cultivo de jitomate en condiciones de inviernos moderados.....	25
4.4. Reguladores del crecimiento.....	27
4.4.1. Auxinas.....	28
4.4.1.1. Generalidades.....	28
4.4.1.2. Actividad química y concentración.....	30
4.4.1.3. Métodos y tiempos de aplicación.....	31
4.4.1.4. Efecto sobre establecimiento de fruto y partenocarpia.....	33
4.4.1.5. Efecto sobre tamaño de fruto.....	35
4.4.1.6. Efecto sobre número de frutos.....	38
4.4.1.7. Efecto sobre precocidad de frutos.....	39
4.4.1.8 Efecto sobre rendimiento de frutos.....	39
4.4.1.9. Efecto sobre calidad de frutos.....	40
4.5. Efecto del metanol sobre los procesos fisiológicos y componentes del	

rendimiento en vegetales.....	44
V. MATERIALES Y METODOS.....	51
5.1. Ubicación de los experimentos.....	51
5.2. Material biológico empleado.....	52
5.3. Sistema de cultivo.....	52
5.3.1. Sistema de riego.....	52
5.3.2. Solución nutritiva.....	52
5.4. Descripción de los experimentos.....	53
5.4.1. Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de jitomate manejado con despuntes y altas densidades.....	53
5.4.2. Evaluación preliminar del efecto del metanol sobre algunos aspectos fisiológicos y el rendimiento de jitomate.....	56
5.4.3. Efecto del metanol sobre algunos aspectos fisiológicos, nutricionales y rendimiento de jitomate manejado con despuntes y altas densidades.....	59
5.4.3.1. Estimación de procesos fisiológicos.....	61
5.4.3.2. Análisis de crecimiento.....	62
5.4.3.3. Análisis de macronutrientes primarios (N, P y K)....	64
5.4.3.4. Análisis de cosecha.....	65
VI. RESULTADOS Y DISCUSION.....	66
6.1. Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de jitomate manejado con despuntes y altas densidades.....	66
6.2. Evaluación preliminar del efecto del metanol sobre algunos aspectos fisiológicos y el rendimiento de jitomate.....	69
6.3. Efecto del metanol sobre algunos aspectos fisiológicos, nutrimentales y rendimiento de jitomate manejado con despuntes y altas densidades.....	77
6.3.1. Resultados.....	77
6.3.1.1. Estimación de los procesos fisiológicos fundamentales.....	77
6.3.1.2. Análisis de crecimiento.....	79
6.3.1.3. Análisis de (N, P y K).....	80
6.3.1.4. Análisis de cosecha.....	82
6.3.2. Discusión.....	84
VII. CONCLUSIONES.....	87
VIII. RECOMENDACIONES.....	88
IX. LITERATURA CITADA.....	90
X. APENDICE 1.....	99
XI. APENDICE 2.....	106

INDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1. Rendimiento promedio de jitomate por planta.....	15
Cuadro 4.2. Crecimiento y rendimiento de plantas tratadas con metanol.....	50
Cuadro 5.1. Elementos, concentraciones y fuentes empleadas en la solución nutritiva.....	53
Cuadro 6.1. Análisis de varianza para las variables obtenidas en el experimento con hormonas.....	66
Cuadro 6.2. Comparación de medias de variables de fructificación y cosecha (Tukey $\alpha = 0.05$).....	67
Cuadro 6.3. Prueba de comparación de medias para las variables obtenidas con el IRGA en el experimento con metanol para el segundo muestreo.....	79
Cuadro 6.4. Análisis de varianza para el porcentaje de nitrógeno en el primer muestreo del segundo experimento con metanol.....	81
Cuadro 6.5. Prueba de comparación de medias para el porcentaje de nitrógeno en el primer muestreo.....	81

INDICE DE FIGURAS

Figura 6.1.- Efecto del metanol sobre la resistencia estomática.....	69
Figura 6.2.- Efecto del metanol sobre la transpiración.....	70
Figura 6.3.- Efecto del metanol sobre la fotosíntesis bruta.....	70
Figura 6.4.- Efecto del metanol sobre la fotosíntesis neta.....	71
Figura 6.5.- Efecto del metanol sobre la respiración.....	71
Figura 6.6.- Comparación de medias de fotosíntesis, respiración, transpiración y temperatura de la hoja tres días después de la aplicación para las dosis de metanol (Duncan $\alpha = 0.05$).....	72
Figura 6.7.- Comparación de medias de respiración, resistencia estomática y temperatura de la hoja veinte días después de la aplicación para dosis de metanol (Duncan $\alpha = 0.05$).....	74
Figura 6.8.- Comparación de medias en el rendimiento por metro cuadrado de fruto (Duncan $\alpha = 0.05$).....	75
Figura 6.9.- Comparación de medias en tamaño y número de frutos (Duncan $\alpha = 0.05$).....	76
Figura 6.10.- Peso total de la cosecha de jitomate en el segundo experimento con metanol.....	82

Figura 6.11.- Peso total de frutos por corte en el segundo experimento con metanol.....	83
---	----

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE 1

Cuadro 10.1.- Análisis de varianza para el primer muestreo de peso seco en el primer experimento con metanol.....	99
Cuadro 10.2.- Análisis de varianza para el segundo muestreo de peso seco en el primer experimento con metanol.....	99
Cuadro 10.3.- Análisis de varianza para el tercer muestreo de peso seco en el primer experimento con metanol.....	100
Cuadro 10.4.- Análisis de varianza para la tasa absoluta de crecimiento (TAC), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa de asimilación neta (TAN) en el peso seco total en los dos intervalos de muestreo del segundo experimento con metanol.....	104
Cuadro 10.5.- Prueba de comparación de medias para la TAC, TRC y TAN en el peso seco total en los dos intervalos de muestreo del segundo experimento con metanol.....	105

INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE 1

Figura 10.1.- Efecto del metanol sobre peso seco de raíz.....	100
Figura 10.2.- Efecto del metanol sobre peso seco de tallo.....	101
Figura 10.3.- Efecto del metanol sobre peso seco de peciolo.....	101
Figura 10.4.- Efecto del metanol sobre peso seco de inflorescencia.....	102
Figura 10.5.- Efecto del metanol sobre peso seco de hoja.....	102
Figura 10.6.- Efecto del metanol sobre área foliar.....	103
Figura 10.7.- Efecto del metanol sobre peso seco fruto.....	103
Figura 10.8.- Efecto del metanol sobre peso seco total.....	104

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE 2

Cuadro 11.1.- Análisis de varianza para la primera medición tomada con el IRGA en el segundo experimento con metanol.....	106
Cuadro 11.2.- Análisis de varianza para la segunda medición tomada con el IRGA en el segundo experimento con metanol.....	106

Cuadro 11.3.- Análisis de varianza para la tercera medición tomada con el IRGA en el segundo experimento con metanol.....	107
Cuadro 11.4.- Análisis de varianza para la cuarta medición tomada con el IRGA en el segundo experimento con metanol.....	107
Cuadro 11.5.- Análisis de varianza para el primer muestreo de peso seco en el segundo experimento con metanol.....	110
Cuadro 11.6.- Análisis de varianza para el segundo muestreo de peso seco en el segundo experimento con metanol.....	110
Cuadro 11.7.- Análisis de varianza para el tercer muestreo de peso seco en el segundo experimento con metanol.....	111
Cuadro 11.8.- Análisis de varianza para el cuarto muestreo de peso seco en el segundo experimento con metanol.....	111
Cuadro 11.9.- Análisis de varianza para el quinto muestreo de peso seco en el segundo experimento con metanol.....	112
Cuadro 11.10.- Análisis de varianza para la tasa absoluta de crecimiento (TAC), en distintos órganos de la planta, para el primer intervalo de tiempo (entre el muestreo 2 y 3) en el segundo experimento con metanol.....	115
Cuadro 11.11.- Prueba de comparación de medias para la TAC en distintos órganos de la planta, para el primer intervalo de tiempo, en el segundo experimento con metanol.....	115
Cuadro 11.12.- Análisis de varianza para la tasa absoluta de crecimiento (TAC), en distintos órganos de la planta, para el segundo intervalo de tiempo (entre el muestreo 4 y 5) en el segundo experimento con metanol.....	116
Cuadro 11.13.- Prueba de comparación de medias para la TAC en distintos órganos de la planta, para el segundo intervalo de tiempo, en el segundo experimento con metanol.....	116
Cuadro 11.14.- Análisis de varianza para la tasa relativa de crecimiento (TRC), en distintos órganos de la planta, para el primer intervalo de tiempo (entre el muestreo 2 y 3) en el segundo experimento con metanol.....	117
Cuadro 11.15.- Prueba de comparación de medias para la TRC en distintos órganos de la planta, para el primer intervalo de tiempo, en el segundo experimento con metanol.....	117
Cuadro 11.16.- Análisis de varianza para la tasa relativa de crecimiento (TRC), en distintos órganos de la planta, para el segundo intervalo de tiempo (entre el muestreo 4 y 5) en el segundo experimento con metanol.....	118

Cuadro 11.17.- Prueba de comparación de medias para la TRC en distintos órganos de la planta, para el segundo intervalo de tiempo, en el segundo experimento con metanol.....	118
Cuadro 11.18.- Análisis de varianza para la tasa de asimilación neta (TAN) en el análisis de crecimiento del segundo experimento con metanol.....	119
Cuadro 11.19.- Prueba de comparación de medias para la tasa de asimilación neta (TAN) en el análisis de crecimiento del segundo experimento con metanol.....	119
Cuadro 11.20.- Análisis de varianza para el porcentaje de nitrógeno en el segundo muestreo del segundo experimento con metanol.....	120
Cuadro 11.21.- Análisis de varianza para el porcentaje de fósforo en el primer muestreo del segundo experimento con metanol.....	120
Cuadro 11.22.- Análisis de varianza para el porcentaje de fósforo en el segundo muestreo del segundo experimento con metanol.....	121
Cuadro 11.23.- Análisis de varianza para el porcentaje de potasio en el primer muestreo del segundo experimento con metanol.....	121
Cuadro 11.24.- Análisis de varianza para el porcentaje de potasio en el segundo muestreo del segundo experimento con metanol.....	122
Cuadro 11.25.- Análisis de varianza para el primer corte del segundo experimento con metanol.....	125
Cuadro 11.26.- Análisis de varianza para el segundo corte del segundo experimento con metanol.....	126
Cuadro 11.27.- Análisis de varianza para el tercer corte del segundo experimento con metanol.....	126
Cuadro 11.28.- Análisis de varianza para el cuarto corte del segundo experimento con metanol.....	127
Cuadro 11.29.- Análisis de varianza para el quinto corte del segundo experimento con metanol.....	127
Cuadro 11.30.- Análisis de varianza para el sexto corte del segundo experimento con metanol.....	128
Cuadro 11.31.- Análisis de varianza para el séptimo corte del segundo experimento con metanol.....	128
Cuadro 11.32.- Análisis de varianza para el octavo corte del segundo experimento con metanol.....	129
Cuadro 11.33.- Análisis de varianza para la cosecha del segundo experimento con metanol.....	129

INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE 2

Figura 11.1.- Comportamiento de las variables tomadas con el IRGA en la primera medición en el segundo experimento con metanol.....	108
Figura 11.2.- Comportamiento de las variables tomadas con el IRGA en la segunda medición en el segundo experimento con metanol.....	108
Figura 11.3.- Comportamiento de las variables tomadas con el IRGA en la tercera medición en el segundo experimento con metanol.....	109
Figura 11.4.- Comportamiento de las variables tomadas con el IRGA en la cuarta medición en el segundo experimento con metanol.....	109
Figura 11.5.- Comportamiento peso seco en el primer muestra en el segundo experimento con metanol.....	112
Figura 11.6.- Comportamiento peso seco en el segundo muestra en el segundo experimento con metanol.....	113
Figura 11.7.- Comportamiento peso seco en el tercer muestra en el segundo experimento con metanol.....	113
Figura 11.8.- Comportamiento peso seco en el cuarto muestra en el segundo experimento con metanol.....	114
Figura 11.9.- Comportamiento peso seco en el quinto muestra en el segundo experimento con metanol.....	114
Figura 11.10.- Comportamiento del porcentaje de nitrógeno en el primer muestreo del segundo experimento con metanol.....	122
Figura 11.11.- Comportamiento del porcentaje de nitrógeno en el segundo muestreo del segundo experimento con metanol.....	123
Figura 11.12.- Comportamiento del porcentaje de fósforo en el primer muestreo del segundo experimento con metanol.....	123
Figura 11.13.- Comportamiento del porcentaje de fósforo en el segundo muestreo del segundo experimento con metanol.....	124
Figura 11.14.- Comportamiento del porcentaje de potasio en el primer muestreo del segundo experimento con metanol.....	124
Figura 11.15.- Comportamiento del porcentaje de potasio en el segundo muestreo del segundo experimento con metanol.....	125

RESUMEN.

Con el fin de mejorar el número, peso y tamaño de frutos, así como de evaluar algunos aspectos fisiológicos en la planta de jitomate despuntada a dos racimos y manejada en altas densidades de población, se aplicaron aspersiones foliares de algunos reguladores de crecimiento y metanol. Para el segundo caso se realizaron dos experimentos.

La investigación se realizó con el cv 'Humaya' y constó de tres experimentos (uno con reguladores, otro preliminar con metanol y un tercero más formal con el mismo producto) los tres fueron conducidos bajo invernadero e hidroponia; en los tres casos se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones en el primer y segundo caso y cuatro en el tercero; la unidad experimental constó de 1.3 m² y 20 plantas en cada uno de los estudios, los trabajos se ubicaron en el Municipio de Texcoco, Edo. De México.

El experimento con reguladores del crecimiento se efectuó del primero de diciembre de 1992, al 5 de mayo de 1993, aplicando varias auxinas y una citocinina a dos dosis cada una comparadas contra un testigo como tratamientos, se buscó como objetivo el mejorar el establecimiento de frutos ("amarre") y el logro de un tamaño mayor en condiciones de temperaturas subóptimas para el cultivo.

En el primer experimento con metanol se probaron dosis exploratorias (3, 10 y 20 ml.L⁻¹) contra un testigo a fin de encontrar dosis promisorias y

evaluarse posteriormente estudiando a fondo algunos procesos fisiológicos nutrimentales y de rendimiento en un segundo experimento. Con los resultados obtenidos se probaron dosis a 10 %, 15%, 15 % mejorado(urea 5 gr.L⁻¹+glicina 0.1%+fierro quelatado 0.08 gr.L⁻¹) y 20 % .

Los resultados obtenidos en el experimento con reguladores muestran que la aplicación foliar de ANA a 200 mg.L⁻¹ disminuye el rendimiento principalmente por disminución en el porcentaje de frutos amarrados y en general con los demás tratamientos no se logró porcentaje de frutos amarrados.

En los experimentos donde se asperjó metanol a 3 ml.L⁻¹ las tasas de fotosíntesis neta, fotosíntesis bruta y transpiración se ven disminuidas, mientras que la respiración se incrementa en el corto plazo (3 días después de la aplicación). El tratamiento mejorado incrementa temporalmente y de manera significativa la transpiración y hay tendencias a incrementar las tasas de fotosíntesis neta y fotosíntesis bruta en dicho tratamiento. Sin embargo no se tienen efectos sobre los componentes del rendimiento, sobre las tazas absolutas y relativas de crecimiento ni sobre el contenido de macronutrientes primarios (N, P y K).

I. INTRODUCCION

El jitomate está ubicado mundial y nacionalmente entre las especies hortícolas que más destacan. En forma comercial se siembran aproximadamente 2.2 millones de has, de las cuales se obtiene una producción de 4.5 millones de ton (Villarreal, 1982); el consumo per cápita en algunos países como España es de 31.8 kg.hab⁻¹.año⁻¹ y en EUA de 25.5 (Rodríguez *et al.*, 1984).

A nivel nacional es la segunda hortaliza que más superficie sembrada ocupa siendo superado solamente por el chile. Para 1990 el Consejo Nacional Agropecuario reporta una superficie sembrada de 88,017 has distribuidas principalmente en los estados de Sinaloa, Morelos, BCN, SLP y Puebla con una producción de 1,664,610 ton, de las cuales gran parte se exporta (392,171 ton aproximadamente), generando, para ese año, 428,402,000 dólares, lo que representa un rubro importante en la economía nacional. En 1993 se sembraron 83,300 has y se obtuvo la cifra de 2,070,600 toneladas (SARH, 1993). Otros factores que contribuyen a su importancia son: a) El jitomate ocupa gran cantidad de mano de obra desde la siembra hasta el empaque, generando una cantidad considerable de empleos en el campo, b) en la comercialización ocupa gran cantidad de gente, c) las ganancias que deja tanto a productores como a vendedores, sobre todo si se realiza en épocas de escasez de producto y d) los frutos son utilizados en todos los hogares en sus distintas formas (frescos, salsas, purés, jugos, etc.) proporcionando a la población proteínas, vitamina C, vitamina A y hierro.

En la producción a nivel nacional existen problemas que dificultan el incremento en superficie y rendimiento por hectárea como son: limitantes en el suelo (pendiente, acidez, alcalinidad, erosión, entre otros); limitantes de agua (insuficiente temporal y cuando se trata de riego, hay poca y mal distribuida); en buena parte del territorio nacional hay heladas (tempranas y tardías, reduciendo la estación de crecimiento y limitando el número de cosechas por año), entre algunos otros (Contreras, 1991).

Una alternativa que permite enfrentar exitosamente estos problemas es la técnica de producción en hidroponía bajo invernadero. Con esta modalidad según Sánchez (1991), se puede producir bajo condiciones limitantes de suelo, ya que no se requiere del mismo, también es factible un gran ahorro de agua o utilización de ésta con un gran contenido de sales (ya no apta para la agricultura convencional), es también adaptable a predios muy pequeños y gracias al invernadero se permite producción durante todo el año debido a que no se está expuesto en forma directa a algunos factores del clima como son las bajas temperaturas, las granizadas, los vientos, etc. Con el empleo de invernaderos resulta posible el establecimiento de altas densidades si se tienen conocimientos de los principios fisiológicos del cultivo en cuestión.

A partir de 1986 se inició en el Departamento de Fitotecnia de la UACh una línea de investigación titulada "Producción superintensiva de jitomate en hidroponía bajo condiciones de invernadero rústico". El objetivo fue la generación de un paquete tecnológico para la obtención de por lo menos cuatro ciclos de cultivo al año de esta especie hortícola de una forma redituable desde el punto de vista económico (Sánchez, 1991).

Después de muchos trabajos de investigación y experiencias a nivel comercial se han podido generar dos paquetes de producción. Uno de estos sistemas se ha validado a escala comercial con productores y consiste en despuntar (eliminar la yema terminal) y cortar todos los brotes laterales. El despunte del tallo principal se hace dos hojas arriba de la última inflorescencia para dejar tan solo uno a dos racimos florales por planta, y así poder manejar muy altas densidades de población (hasta 25 plantas.m⁻² de superficie aprovechable en el invernadero). En este sistema se eliminan, por medio de la poda, todos los brotes laterales que pudieran ser emitidos por la planta antes, durante, o después del despunte. Con esta técnica se proponen trasplantes tardíos (50 a 60 días después de la siembra) con el objeto de acortar el período de trasplante a la cosecha y obtener la posibilidad de más cosechas por año y por tanto de muy alta productividad anual.

Bajo este sistema de cultivo, se pretende que al despuntar se obtenga la cosecha en menos tiempo, pues solo hay que esperar la maduración de uno o dos racimos y no de cinco o más como los sistemas convencionales en jitomate de crecimiento indeterminado. Esto da la posibilidad de obtener más ciclos de cultivos por año.

Además, es posible conseguir una mayor calidad de fruto, ya que los fotosintatos del follaje de toda la planta se concentran en la fructificación de solo uno o dos racimos, dando en promedio, frutos más grandes y mejor formados (Sánchez, 1994). En zonas donde se tienen limitantes en la producción como son: presencia de heladas y enfermedades (virosas, fungosas y/o bacterianas) el sistema de cultivo representa una alternativa para obtener la producción antes de

que estos fenómenos se presenten o revistan gravedad y así disminuir o contrarrestar sus efectos.

Para ilustrar un poco las ventajas de la alta densidad, compárese con un sistema convencional. En este último, normalmente se siembran de 2 a 3 plantas por metro cuadrado y, considerando un promedio de 10 racimos por planta se cosecharán de 20 a 30 racimos por ciclo. En un sistema de dos racimos a alta densidad (20 plantas.m⁻²) se cosecharán 40 racimos. Pero aunque el número de racimos fuera igual (por ejemplo despuntando a una sola inflorescencia), la ventaja más importante radica en que la cosecha se obtendrá en bastante menos tiempo en este último caso (hasta 45 días antes), ya que como se sabe en el jitomate los frutos van madurando de abajo hacia arriba; iniciando los del primer racimo, luego los del segundo y así sucesivamente (unos 8 a 10 días entre racimo y racimo), consecuentemente no hay que esperar como en el primer caso a que los frutos del tercer racimo maduren.

Aunque este sistema de producción de jitomate ha mostrado superioridad experimental y comercial respecto a los convencionales en cuanto a rendimiento, calidad de fruto y rentabilidad económica, se considera que es factible de mejorarse. Dado que está basado en la cosecha de uno o dos racimos por planta, el rendimiento final dependerá del número y peso de pocos frutos por planta. De ahí que resulte importante el estudio de los factores involucrados en el logro de un mayor número de flores por inflorescencia, un mayor porcentaje de frutos amarrados por racimo y un mayor tamaño de sus frutos.

Según varios autores (Wittwer y Teubner, 1956; Monteiro, 1983; Hurd y Graves, 1985; Abad y Monteiro, 1989; Mousa y Doss, 1986; Picken y Grimmett, 1986), temperaturas relativamente bajas (menores de 7 °C), sin llegar a constituir una helada, ocasionan una pobre fertilización de las flores, pues en estas condiciones una buena proporción de polen se torna estéril, y aunque se emite el tubo polínico, éste no alcanza a fertilizar el óvulo. Como consecuencia se produce un menor porcentaje de frutos amarrados, y los que amarran generalmente forman pocas semillas quedando de menor tamaño, además de que muchos de ellos se deforman. Esta situación se traduce finalmente en un rendimiento y calidad considerablemente menor que en las demás estaciones del año.

En varios países, para la producción de jitomate en el invernadero en épocas de bajas temperaturas, se usan frecuentemente reguladores de crecimiento, principalmente auxinas para inducir mayor tamaño de los frutos, aún cuando éstos hayan formado poca semilla (partenocarpia). Dado que el sistema de producción para obtener uno o dos racimos por planta es diferente, el estado hormonal de las plantas debe ser diferente al convencional y las respuestas a los reguladores exógenos probablemente también difiera. Es por ello que se consideró de interés el estudiar la respuesta de la planta a las auxinas bajo este sistema de altas densidades y despuntes en condiciones de temperaturas invernales relativamente bajas.

Por otro lado, las altas temperaturas que normalmente ocurren en la primavera y verano dentro de los invernaderos afectan los procesos fisiológicos.

Indudablemente que el rendimiento y tamaño de fruto dependen directamente de la producción y translocación de fotosintatos.

Un aspecto fisiológico importante que tiene que ver con lo anterior es la fotorrespiración. Esta aumenta de manera exponencial con el incremento de la temperatura ocasionando liberación de CO_2 que de otra manera sería fijado en el proceso de fotosíntesis. La consecuencia principal de una alta tasa fotorrespiratoria es una fuerte disminución de la eficiencia fotosintética; y a largo plazo una menor producción de fotoasimilados y una menor tasa de translocación de éstos a los frutos.

Nonomura y Benson (1992) encontraron que el metanol asperjado a las plantas en soluciones acuosas tiene un efecto inhibitorio sobre la fotorrespiración y provoca un uso más eficiente del agua para la producción de materia seca. De esta manera la eficiencia fotosintética se mantiene, y a largo plazo la producción de fotoasimilados y la tasa de translocación de éstos es mayor.

Se consideró de interés incluir en esta investigación la evaluación del efecto de este alcohol sobre el comportamiento del jitomate despuntado para dejar dos racimos por planta en altas densidades de población.

II. OBJETIVOS

Para el desarrollo de la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

1.- Evaluar el efecto de aplicar diferentes reguladores de crecimiento, en las inflorescencias, sobre el número, peso y tamaño de frutos en jitomates manejados con el sistema de despuntes para obtener dos racimos por planta en altas densidades de población, creciendo en condiciones de temperaturas mínimas subóptimas.

2.- Evaluar el efecto del metanol, aplicado foliarmente sobre varios aspectos fisiológicos de las plantas y sobre el número, peso y tamaño de frutos en jitomates manejados con el sistema de despuntes para obtener dos racimos por planta en altas densidades de población.

III. HIPOTESIS

1.- La aplicación de reguladores de crecimiento provoca incrementos en el porcentaje de frutos amarrados y en el número, peso y tamaño de los mismos.

2.- Existe un efecto diferencial de los distintos reguladores sobre el porcentaje de amarre de frutos y el número, peso y tamaño de los mismos.

3.- La aplicación foliar de metanol, incrementa la eficiencia fotosintética y con ello los componentes primarios del rendimiento (número y peso de frutos)

4.- La aplicación foliar de metanol reduce el proceso de transpiración sin disminuir la eficiencia fotosintética, lo que se traduce en un uso más eficiente del agua.

5.- La aplicación foliar de metanol influye sobre la concentración y/o distribución de macronutrientes primarios (N, P y K) en los diferentes órganos de plantas de jitomate.

6.- Los efectos de la aplicación foliar de metanol difieren en su intensidad en función de la concentración de éste, así como también de otras sustancias agregadas a la solución asperjada

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1. Aspectos generales

El jitomate es la hortaliza que más se cultiva y se consume en el mundo. Según Rodríguez *et al.* (1984) España consume $31.8 \text{ kg.habitante}^{-1}.\text{año}^{-1}$, y Estados Unidos 25.5, existiendo un importante mercado para la exportación, sobre todo en este último país y Canadá, dispuestos a pagar muy buenos precios a cambio de calidad y sanidad, condiciones ambas que pueden ser logradas fácilmente con el cultivo hidropónico.

Villarreal (1982), señala que se producen comercialmente 45 millones de toneladas de jitomate en 2.2 millones de hectáreas, además de una importante cantidad (no especificada) en huertos familiares. Expresa que la importancia potencial que tiene el jitomate como opción de producción para los países tropicales, entre ellos México, es muy grande, ya que su cultivo representa las ventajas siguientes: genera empleo en el campo, pues requiere mucha mano de obra en su proceso productivo; también estimula el empleo urbano proporcionando oportunidades de negocios en aspectos de manufactura y venta de fertilizantes, pesticidas, equipos de aspersión, implementos, contenedores, semillas, etc; su exportación a los países desarrollados (principalmente a los Estados Unidos y Canadá) va en aumento, lo mismo que los precios pagados a los productores, por lo que se pueden pagar cantidades importantes de divisas; puede permitir la obtención de altos ingresos a los productores, especialmente si las cosechas son comercializadas eficientemente y los rendimientos por unidad de superficie son elevados; contribuye a mejorar la nutrición por su contenido de proteínas, vitamina C, hierro y vitamina A; es muy versátil en su uso, ya que puede ser utilizado en crudo, cocinado, frito, en conserva, como salsa o puré, puede ser procesado industrialmente entero o como pasta, salsa, jugo o polvo; se cultiva con beneficio para el productor a cualquier escala, desde una simple planta en huerto familiar, hasta varias hectáreas.

Esta especie a nivel nacional también es la hortaliza más importante por varias razones, a saber: es el cultivo hortícola con mayor superficie, producción, exportación y consumo per cápita; así como el mayor generador de empleos y divisas y sobre el que existe la mejor tecnología de producción, tanto en campo como en invernadero (Caraveo, 1994); en este último caso resulta

atractivo su cultivo debido a que puede hacerse producción continua y como hay demanda durante todo el año y en algunas temporadas alcanza precios muy altos debido a su escasez, puede resultar interesante el cultivo bajo cubierta.

Precisamente en sistemas bajo cubierta y con hidroponía pueden obtenerse producciones entre 100 a 600 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ que comparadas con los sistemas convencionales (20 a 40 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$), resultan atractivos por su alta rentabilidad posible.

La SARH 1993, reporta en México una superficie de 83,300 has y la producción alcanzó la cifra de 2,070,600 ton principalmente en los estados de Sinaloa, Morelos, San Luis Potosí y Baja California

4.1.1. Sistemas para la producción continua de jitomate

En algunos países de Europa como Bélgica, Dinamarca, los Países Bajos y Reino Unido el jitomate es cultivado en condiciones de invierno frío. Bajo las bajas intensidades luminosas y fotoperiodos cortos que ahí se presentan en invierno, el desarrollo de la inflorescencia y el establecimiento de fruto son a menudo limitados por una disminución del suplemento de asimilados debido a una competencia por metabolitos disponibles entre crecimiento vegetativo y desarrollo reproductivo (Cooper y Hurd, 1968; Calvert, 1969; Kinet, 1977ab, Nourai y Harris, 1983). Esto frecuentemente resulta en una reducción en la producción de fruto.

Las condiciones de invierno favorables, especialmente la luz suficiente y temperaturas bajas moderadas, permite el uso de invernaderos muy simples sin calentar para la producción de jitomate, como en algunos países del Sur de Europa, Norte de Africa, América del sur y otras partes del mundo (Monteiro y Portas, 1986)

El sistema de producción de jitomate en invernadero que normalmente se practica en Europa y Estados Unidos, consiste en el uso de variedades indeterminadas con frutos de tipo esférico (bola). Las plantas son sembradas en suelo mejorado o en substratos hidropónicos a densidades que van de 2 a 3.m⁻² (20,000 a 30,000 por hectárea) y se dejan crecer de 2 a 4 m de altura, cosechándose de 8 a 15 racimos por planta en un solo ciclo de cultivo por año. Los problemas fitosanitarios, por lo extenso del ciclo, son muy importantes y determinantes en el rendimiento final del cultivo (Wittwer y Honma, 1979; Picken, 1984; Van de Vooren *et al.*, 1986; FAO, 1990; Resh, 1992).

En el Departamento de Fitotecnia de La Universidad Autónoma Chapingo se inició, a partir de 1986, una línea de investigación titulada "Producción Superintensiva de jitomate en hidroponia bajo condiciones de invernadero rústico" con la finalidad de generar una tecnología que permitiera producir, al menos, cuatro ciclos de cultivo por año en forma redituable, de tal manera que fuera susceptible de ser aprendido y llevado a la práctica por los productores del país (Sánchez *et al.* , 1991).

A partir de varios trabajos de investigación (Cancino *et al.*, 1990; Sánchez y Corona, 1991; Sánchez *et al.*, 1991 entre otros) y algunas

experiencias a escala comercial con productores, se ha validado un nuevo esquema o "pequete tecnológico" de producción de jitomate en hidroponía que reúne características de altos rendimientos y calidad, con menos problemas fitosanitarios que los sistemas de producción convencionales en invernadero, que resulta factible desde el punto de vista técnico y redituable económicamente, a partir de pequeñas superficies.

El manejo del cultivo se realiza de manera muy diferente al convencional en invernadero, consiste en despuntar (eliminar la yema terminal) de las plantas para dejar una, dos o tres inflorescencias (racimos florales) con una a dos hojas arriba de éstas, además se eliminan, por medio de podas, todos los brotes laterales que emite la planta antes, durante y después del despunte y así conducir muy altas densidades de población (hasta 24 plantas.m⁻² de superficie, en vez de 2 a 3 plantas.m⁻² que utilizan los sistemas convencionales). Se realizan también trasplantes tardíos (45 a 60 días después de la siembra en el almácigo) con el objeto de acortar el período desde el trasplante hasta la cosecha y obtener la posibilidad de más ciclos de cultivo por año, y por lo tanto de una alta productividad anual (McAvoy y Janes., 1989; Cancino *et al.*, 1990; Sánchez y Corona, 1991).

Bajo este esquema de cultivo se llega al final de la cosecha en menos tiempo (70 a 90 días después del trasplante contra 210 días o más en los sistemas comúnmente usados bajo invernadero), pues solo hay que esperar la maduración de uno a dos racimos por planta y no de 8 o más, como se acostumbra en los sistemas convencionales, por lo que es posible en vez de un ciclo por año lograr 4. Con la alta densidad se logra un número similar de

racimos.m⁻² de la misma o mejor calidad y se mantiene un elevado rendimiento por unidad de superficie y en consecuencia es factible una alta rentabilidad, pues se triplica o cuadruplica la productividad anual (Sánchez, 1994).

Al conducir las plantas a un racimo y altas densidades, Cancino *et al.* (1990), encontraron en dos cultivares de jitomate ('Tropic' y 'Ace 55') que las plantas terminaron de cosecharse 11 días antes que las dejadas a 2 racimos y 20 días antes que las manejadas a 3, lo que implica la posibilidad de más ciclos por año.

4.1.2. Hidroponia

Sánchez y Escalante (1989) definen a la hidroponia como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se irrigan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en el que, en vez de suelo, se utiliza como substrato un material generalmente inerte y estéril, o simplemente la misma solución nutritiva, con el objeto de proporcionar las condiciones físicas, químicas y sanitarias más adecuadas en la raíz para un buen desarrollo vegetal.

Según los mismos autores, la hidroponia como un sistema de producción de flores y hortalizas es ya una realidad a nivel mundial. Existen empresas en países como Holanda, Inglaterra, Alemania, Estados Unidos, Canadá, Japón, Israel, Italia, España, Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Bahamas, Belice, Puerto Rico, e inclusive México que obtienen elevadas unidades económicas de sus unidades. Año con año aparecen numerosas publicaciones sobre este tópico

en revistas especializadas. Tan solo el Horticultural Abstracts reporta más de 100 resúmenes de artículos cada año.

El interés por esta técnica a nivel mundial obedece a los altos rendimientos que por unidad de superficie se pueden obtener (100 a 1000 % más que el cultivo convencional en suelo) y a la mejor calidad de los productos obtenidos (lo que significa mejor mercado y precio de venta). Ello es debido fundamentalmente al logro de un balance ideal entre el oxígeno para la respiración de la raíz, el agua y los nutrimentos; a la ausencia total de malas hierbas, al mayor control que se tiene sobre plagas y enfermedades, al mantenimiento del pH dentro de límites óptimos y a que se permite una mayor densidad de población.

Otras ventajas que varios autores (Douglas, 1976; Sánchez y Escalante, 1989; FAO, 1990; Resh, 1992) subrayan son: se puede producir donde el suelo es limitante para la agricultura normal (ya que se prescinde de él); se logra un sustancial ahorro de agua y fertilizantes, hay la oportunidad de usar aguas duras y/o relativamente salinas; no se produce contaminación (de agua, aire o suelo), pues se trata de sistemas pequeños y cerradas por lo que es posible y conveniente su uso cerca de núcleos urbanos con un mercado importante.

El jitomate es la hortaliza que con más frecuencia se cita en la bibliografía referente a cultivos hidropónicos a nivel mundial; en la mayoría de los casos (Cuadro 4.1) en promedio se señalan más altos rendimientos y más calidad (100 a 400 ton.ha⁻¹.año⁻¹) cuando se les compara con los sistemas convencionales de cultivo en suelo (20 a 30 ton.ha⁻¹ por cosecha y con mucho

más riesgo) esto constituye un atractivo comercial para agricultores con poca extensión de terreno, con poca agua o con serias limitantes de suelo.

Cuadro 4.1. Rendimiento promedio de jitomate por planta (kg)

PRODUCIDO POR	RENDIMIENTO EN	RENDIMIENTO	VARIEDAD
	HIDROPONIA	EN SUELO	
Dr. Gericke: Universidad de California	14.10		'Sutotons'
	12.40		'Majestic'
IWOSC; Research and Demostration Unit	10.80	4.20	'Market king' 'Messina'
Hidroponic Research (East african experiments 1961-63)	8.20	3.60	Varios
	11.00	4.50	híbridos
F. Hiicks; Lyminteng, Hants	8.60		'Alisa Craig'
Jealatt's Hill Research Satation	7.40		'Stoner's'
New Jersey Agricultural Axperiment Station	9.10		'Marglobe'
Hidroponic Research (West Bengal)	11.10	3.90	'Suttons'
			'Best of all'
Hydropopnics Research (U.K. office)	13.70		'Sunrise'
Glenhazel Research Station (Boksburg, Transvaal)	10.20		'Marglobe'

4.1.3. Invernaderos

El invernadero es una construcción agrícola de dimensiones apropiadas cuya estructura se constituye de distintos materiales (fierro, aluminio, madera, etc.) que soporta una cubierta translúcida y en cuyo interior se reúnen condiciones ambientales favorables para el cultivo de plantas. Dichas

construcciones reciben este nombre debido a la acumulación de calor, en el día producto del “efecto invernadero”; dicho efecto no es más que la conversión de la energía radiante proveniente del sol (onda corta) a energía calorífica (onda larga). La primera pasa sin problemas la cubierta transparente y al chocar con el suelo, plantas y equipo que se encuentra en el interior, se convierte en el segundo tipo de energía y esta tiene dificultad para escapar del invernadero, sobre todo cuando se utilizan materiales impermeables a este tipo de radiación (Serrano, 1994).

En el interior de los invernaderos pueden darse sofisticadas modificaciones de las condiciones ambientales si se colocan sistemas de control de aspectos tales como: calefacción, enfriamiento, humidificación, CO₂, aireación, riego, etc.. Por ello mediante el uso de estas estructuras se pueden proporcionar las condiciones ideales a un cultivo determinado. El aspecto que más se trata de controlar es la baja temperatura.

El jitomate es un cultivo que presenta susceptibilidad a las heladas, que limitan su producción en zonas templadas (como las de una buena parte de México), a tal grado que se hace necesaria la presencia de un invernadero, que aunque sea muy sencillo, permita controlar en gran medida aquellos factores ambientales que más limitan el desarrollo de esta hortaliza. Sánchez *et al.* (1986) subrayan que para México no es necesaria la presencia de invernaderos sofisticados, al estilo de los países desarrollados, pues además de que serían muy caros, se debe tomar en cuenta que las condiciones climáticas del País son menos drásticas, sobre todo en lo que a bajas temperaturas se refiere.

A nivel Nacional existe una gran cantidad de empresas y algunas instituciones que utilizan invernaderos para la producción de jitomate tanto comercial como experimentalmente.

4.2. Características morfológicas y anatómicas del jitomate

4.2.1. Raíz

La planta de jitomate originaria de semilla presenta una raíz principal que crece hasta 25 mm diarios (hasta los 60 cm de longitud). Simultáneamente se producen numerosas ramificaciones que pueden alcanzar un diámetro de hasta 1.5 m (Iñiguez, 1991). Por su parte Guenkov (1974) dice que las raíces pueden alcanzar una longitud de hasta 150 cm y que la mayor parte se concentra en los 60 a 70 cm de profundidad en el suelo.

Jong y Otingkorang (1969), citados por Floquer (1979), mediante la técnica del fósforo radioactivo, determinaron que el 75 % de las raíces de una planta se encuentran en un espacio de 25 cm de diámetro por 45 cm de profundidad. El mismo autor señala que los tallos emiten raíces con facilidad.

En sección transversal, el xilema forma un cilindro en el centro de la raíz con dos alas laterales. El floema completa el sistema vascular, llenando por fuera el espacio entre las alas y formando un cilindro. Este tejido está rodeado de una capa simple de células del periciclo para formar una protoestela, la cual a su vez, está rodeada por un endodermis, un córtex de 3 a 4 capas de células y

una epidermis, Las raíces laterales derivan de las células del periciclo y se desarrollan a través del córtex (Picken *et al.*, 1986).

4.2.2. Tallo

El tallo es de consistencia herbácea, aunque tiende a lignificarse en las plantas adultas. En la base mide aproximadamente 4 cm de diámetro y de su epidermis brotan gran cantidad de tricomas glandulares y no glandulares (Iñiguez, 1991).

La epidermis tiene el grosor de una capa de células, debajo hay células con cloroplastos y una capa de colénquima de 2 a 3 células de espesor que constituye el mayor sostén del tallo. Sigue luego la región cortical, con 5 a 10 capas de células de parénquima grandes y con muchos espacios intercelulares. Los haces vasculares forman un círculo alrededor de la médula constituyendo una estructura llamada sifonoestela. El floema se desarrolla por fuera y por dentro de tubos cilíndricos de fibras de xilema. El floema exterior, llamado también secundario, va formando un cilindro alrededor del xilema (Picken *et al.*, 1986).

Según Maroto (1986), dependiendo del tipo de crecimiento del tallo, los cultivares se han clasificado como:

a) Cultivares con tallos de desarrollo determinado, en los que el tallo principal, una vez que ha producido varias inflorescencias laterales (normalmente entre cada 1 a 2 hojas) y brotes vegetativos, detiene su

crecimiento como consecuencia de la formación de una inflorescencia terminal. Estos cultivares, aunque opcionalmente pueden alcanzar los 2 m de altura, son generalmente erectos y arbustivos, con un periodo restringido de floración y fructificación.

b) Cultivares con tallos de desarrollo indeterminado, que tienen la particularidad de que el tallo principal no forma una inflorescencia terminal, continuando su crecimiento indefinidamente. La planta puede alcanzar hasta 10 m de altura produciendo inflorescencias de manera continua y regular cada 3 a 4 hojas.

Sin embargo, como lo señala Picken *et al.* (1986), ambos tipos son estrictamente determinados ya que, con la aparición de la primera inflorescencia, la yema axilar de la hoja iniciada inmediatamente antes de la inflorescencia es la que continúa el crecimiento del tallo. Esta yema se desarrolla de manera diferente a las demás, ya que conforme crece, la hoja mencionada cambia a una posición por encima de la inflorescencia, pues ésta es desplazada, dando la apariencia de un crecimiento continuo (indeterminado del tallo principal) con inflorescencias laterales internodales.

El ápice se transforma en una inflorescencia terminal después de la iniciación de 7 a 11 hojas (y aún más en condiciones desfavorables de luz). Es posible un crecimiento posterior a partir de las yemas axilares, las cuales pueden producir ramas que se desarrollan de forma similar al tallo principal; esto ocurre a menudo después de un período de dominancia y da la apariencia

arbustiva a varios cultivares. Esta característica hace casi siempre necesaria la práctica de la poda (Picken *et al.*, 1986).

4.2.3. Hoja

Las hojas son compuestas, suaves y carnosas, de tamaño variable según el cultivar, la posición y las condiciones ambientales. Las dos primeras son de menor tamaño, con menos folíolos; las siguientes pueden alcanzar unos 50 cm de largo, con un folíolo terminal grande y hasta 8 folíolos laterales también grandes, los que a su vez pueden formar folíolulos.. Puede haber muchos folíolos simples intercalados entre los grandes. Los folíolos grandes son generalmente peciolados, lobulados irregularmente y con bordes dentados; de la misma manera que en el tallo, presentan tricomas glandulares con sustancias que le dan el olor característico a la planta (Picken *et al.*, 1986; Maroto, 1986; León, 1987 citado por Iñiguez, 1991).

Coleman y Gleyson (1976) mencionan que los estomas son más abundantes en la parte abaxial. El mesófilo en empalizada está formado por una a dos capas de células columnares inmediatamente por debajo de la epidermis adaxial. Los cloroplastos se encuentran en el citoplasma de éstas células. El mesófilo esponjoso entre el de empalizada y la epidermis abaxial, comprende tres o más capas de células grandes y vacuoladas, que se conectan formando un elaborado sistema de espacio de aire y tiene menos cloroplastos. Las nervaduras principales son prominentes y la reticulación es irregular. Como en el tallo, las nervaduras principales tienen floema tanto interno como externo.

Las hojas en el inicio de su desarrollo se observan como una pequeña protuberancia en el domo de ápice, creciendo hasta 200 μm antes de mostrar los primeros signos de formación de foliolos. En contraste a la mayoría de las especies, los foliolos son iniciados en progresión basípeta (del foliolo principal hacia el tallo) (Picken *et al.*, 1986).

4.2.4. Flores e inflorescencias

Según Adams (1982) la diferenciación celular es un producto de la activación diferencial de genes como respuesta a cambios progresivos en el ambiente celular a ciertos agentes endógenos como las hormonas vegetales que actúan como mensajeros de ciertos cambios en lugares lejanos. Así la transformación de la yema vegetativa en una estructura floral requiere de lo que él llama un “estímulo floral” que puede ser la duración de los períodos luminosos y/o la temperatura en plantas con fotoperiodismo, o bien cambios en otras condiciones ambientales, y concluye señalando que es posible que la acción inicial del estímulo floral sea activar un sistema particular de genes que dirijan la transformación.

La inflorescencia de jitomate se forma terminalmente en el tallo y la iniciación floral es precedida por el alargamiento y achatamiento del ápice. La primera flor formada se origina directamente del ápice y un punto de crecimiento lateral que surge debajo de ella se diferencia como la segunda flor. Una sucesión basípeta de flores es derivada de puntos laterales de crecimiento de la misma manera, hasta que la inflorescencia se completa (Dielman y Heuvelink, 1992).

La inflorescencia formada puede ser simple (con un solo eje), transitoria (con eje de una sola ramificación) o compuesta (con eje de varias ramas). Según la longitud de las ramas de distintos tipos, el racimo puede ser más compacto o más disperso, corto, con longitud mediana o largo. Sobre un racimo se forman más o menos flores, esto va a depender de las características hereditarias de la variedad y de las condiciones de cultivo. Cuando las condiciones son favorables, el número de flores y, por consiguiente el de frutos, es más grande. En las variedades determinadas, el primer racimo se forma después de 6 a 7 hojas, mientras que en las determinadas aparece después de 7 a 10 hojas (Guenkov, 1974).

Las flores se componen de 6 sépalos y 6 pétalos amarillos que en su base están unidos entre si y también unidos a los filamentos de los estambres. Generalmente los estambres son 6, tienen antenas alargadas y envuelven plenamente el estilo y el estigma (Guenkov, 1974; Iñiguez, 1991).

4.2.5. Fruto

El fruto es una baya carnosa de color rojo (rosa u amarillo en algunos cultivares), lisa y brillante cuando madura. Su peso varía de 15 g en los cultivares de tipo cereza, hasta 450 g en los de tipo 'Beefsteak'. Presenta formas muy variadas: esférica, oblonga, cuadrada, piriforme, cilíndrica o acorazonada; puede ser lisa o surcada con lóbulos u hombros. En su interior puede presentar 2 a 30 lóculos, donde se encuentran las semillas. La epidermis es una capa de células con paredes externas engrosadas por la cutícula, debajo hay tres o cuatro estratos de colénquima que, junto con la epidermis forman una

cáscara fina y resistente que contiene los pigmentos responsables de la coloración (Maroto, 1986; León, 1987 citado por Iñiguez, 1991).

4.3. Efecto de condiciones ambientales en la etapa reproductiva

4.3.1. La polinización

La polinización en el cultivo de jitomate se dificulta mucho en invierno debido a que se presenta el polen pegajoso y en agregados, mientras que en el verano se disgrega y permanece seco, esto producto de la temperatura y humedad. En el invierno si no se emplean métodos como la vibración de plantas, el movimiento con aire o mecanismos artificiales, la polinización es muy deficiente; las actividades culturales ayudan mucho a mejorar este aspecto al causar movimiento de plantas (Corella *et al.*, 1986; Picken, 1984).

La polinización, aparte de los efectos mencionados en el polen, también se ve reducida por la dificultad que tiene el tubo polínico para crecer a bajas temperaturas (por debajo de 10 °C) y a que la meiosis de la megaspora ocurre aproximadamente un día después de que se da la meiosis de las células madre de la microspora (esto a una temperatura de 20 °C). Todo ello es un evidencia directa de que la tasa de óvulos fertilizados es baja porque a menudo se dan las combinaciones de estos factores (Iwahori, 1965; Sugiyama *et al.*, 1966 citados por Picken, 1984).

4.3.2. El establecimiento del fruto

En la literatura se pueden encontrar varios criterios diferentes y no relacionados con respecto al establecimiento de frutos de jitomate. Algunos están basados en conceptos morfológicos y fisiológicos; por ejemplo proporción de ovarios que presentan una apariencia lisa y sin ranurar después de 7 días de la antesis floral (Leopold y Scott, 1952; citados por Abad y Monteiro, 1989).o el porcentaje de flores que produjeron frutos con una o más semillas viables (Charles y Harris, 1972). Otros muestran un punto de vista hortícola, por ejemplo porcentaje de flores con ovarios retenidos y que lograron un diámetro mayor de 6.35 mm en dos semanas (Davis *et al.*, 1967; citados por Abad y Monteiro, 1989) o proporción de flores que alcanzan la antesis normalmente y en las que se desarrolla el fruto de tamaño comercial (Picken, 1984). El establecimiento de frutos podría ser definido precisamente en este orden.

El establecimiento de frutos debería así ser usado para denotar que los ovarios permanecen fuertemente pegados a sus pedicelos a las 3 o 4 semanas después de la antesis, independientemente de su estado de desarrollo, no teniendo en cuenta si los ovarios se hinchan o les falta alargarse o si permanecen sobre la planta en una condición estática y sin desarrollo.

Según varios autores citados por Picken (1984), las temperaturas extremas pueden limitar el establecimiento del fruto; temperaturas promedio por debajo de 10 °C y por encima de 30 °C (los límites exactos dependen del cultivar) son perjudiciales a uno o más de los procesos que conducen al

establecimiento. El desarrollo del polen especialmente después de la meiosis es muy afectado a bajas temperaturas, pero la pobre germinación de polen y el lento crecimiento del tubo polínico se debe a las bajas temperaturas que también contribuyen al pobre establecimiento de frutos en algunos cultivares.

4.3.3. Comportamiento del cultivo de jitomate en condiciones de inviernos moderados

Condiciones de cultivo en invierno moderado.- El concepto de invierno moderado con referencia a cultivos protegidos se ha desarrollado recientemente por Monteiro y Portas (1986) de acuerdo con dos conceptos principales: clima e indicadores del cultivo. Las condiciones meteorológicas que caracterizan al componente climático son aceptables para cumplirse por varios tipos de regiones climáticas abajo de 38° de latitud. Los indicadores del cultivo de clima con invierno moderado están tipificados por *Solanaceae* y otras especies de hortaliza de estación cálida, como las especies más probables de cultivarse durante la estación fría bajo las condiciones climáticas prevalecientes. En tales situaciones el cultivo de hortalizas en invierno es bajo refugios simples no calentados, principalmente cubiertas de polietileno, túneles, invernadero u ocasionalmente a campo abierto. El control ambiental en invernaderos en un invierno moderado es bastante limitado y no hay influencia del clima interno. Por ello los cultivos también son dependientes del clima externo y están sujetos a estrés medioambiental por largos períodos de tiempo. El clima de invernadero varía considerablemente durante la estación de crecimiento debido a amplias fluctuaciones de la radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa y otros factores.

En estas condiciones el cultivo está sujeto a menudo a efectos de bajas temperaturas nocturnas bajo suficiente irradiación y según Abad y Monteiro (1989) citando a muchos autores, esto puede reducir el crecimiento vegetativo y estimular el desarrollo reproductivo y provocar como consecuencia desórdenes como los siguientes: tasa lenta de elongación de tallo, entrenudos cortos, número reducido de nudos entre floraciones, incremento del número de flores por racimo, baja producción y viabilidad de polen, establecimiento partenocárpico de frutos y formación de frutos con semillas vanas muy retrasados.

Robinson *et al.* 1965 (citados por Rylski, 1979b), demostraron que las bajas temperaturas en jitomate tienen un efecto adverso en el establecimiento de fruto, especialmente su influencia es sobre la gametogénesis y en particular sobre la producción de granos de polen. En experimentos llevados a cabo por Charles y Harris (1972), temperaturas de 10 °C durante la meiosis ocasionaron la producción de granos de polen no viables, por ello se cree conveniente que las temperaturas durante la floración no deberían estar por debajo de los 16 °C para así lograr un regular establecimiento de fruto. Sin embargo, Rylski, 1979b, logró una alta proporción de frutos establecidos bajo condiciones de bajas temperaturas nocturnas ($10\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$), pero con una temperatura diurna de 22 °C.

Aunque la situación mencionada es la más común, las áreas con invierno moderado, con alta influencia marítima, pueden tener tiempo nublado asociado con luz insuficiente durante el día y temperatura nocturnas cálidas. Bajo estas condiciones, particularmente en invernaderos deficientes y teniendo incidencia

de sombra las plantas se etiolan (Monteiro, 1986). Se forma un bajo número de flores por inflorescencia con una alta proporción de sépalos adheridos, estas flores, si no se induce artificialmente el establecimiento de frutos caen invariablemente.

Rylski (1986), plantea que el establecimiento y desarrollo del fruto de jitomate en muchos lugares ocurre durante la estación fría del año, cuando las temperaturas nocturnas están por debajo de 10 °C en un período considerable de la noche y por algunas horas antes del amanecer son menores a 3 °C y al estudiar el efecto de bajas temperaturas e intensidades luminosas indica que existen deformaciones de fruto en jitomates cultivados en invierno como consecuencia de desarrollo anormal de flores bajo condiciones de baja temperatura. Esto también ocurre en bajas intensidades luminosas tanto en la estación fría como en la cálida.

4.4. Reguladores del crecimiento

Los reguladores del crecimiento son sustancias orgánicas, diferentes de los elementos nutrimentales, que en pequeñas cantidades son capaces de modificar cualitativa y cuantitativamente el crecimiento y diferenciación de las células vegetales y gobiernan el comportamiento de las plantas no solamente en la construcción de materia viva, sino en la organización en el espacio y tiempo de esa construcción (Guern, 1973).

Dentro de estos reguladores del crecimiento podemos encontrar varios grupos: auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico y etileno que pueden

ser producidos en forma natural por la planta o sintetizadas de manera artificial, es decir el término es muy genérico. Dentro de estos grupos también existen las hormonas que es un grupo mas específico considerándose solamente a aquellas sustancias que son sintetizadas de manera natural por los vegetales.

4.4.1. Auxinas

4.4.1.1. Generalidades

La inducción del desarrollo del fruto de jitomate sin polinización por la aplicación de sustancia exógenas reguladoras del crecimiento fue demostrado primeramente por Gustafon (1936) (citado por Abad y Monteiro, 1989). Este fue seguido por dos trabajos significativos explicando la efectividad de varios reguladores del crecimiento de auxinas naturales para la inducción de fruto de jitomate sin semilla (Zimmerman y Hitchcock 1944) y para mejorar el establecimiento de fruto y el tamaño de jitomates cultivados en invernadero (Murneek *et al.*, 1944). Basados sobre estos primeros descubrimientos y algunos otros posteriores realizados por Wittwer y Tubner (1956) se han retomado investigaciones extensivas para determinar el efecto de las auxinas sintéticas sobre el rendimiento y calidad del fruto de jitomate cuando se cultiva en invierno y principios de primavera. Estas investigaciones han traído como consecuencia una adopción bien difundida del uso de las auxinas en muchas regiones productoras de jitomate en invernadero, principalmente en áreas de invierno moderado.

Abad y Monteiro (1989), en un amplio trabajo de revisión bibliográfica, concluyen que el uso de las auxinas es una práctica increíblemente importante para el cultivo de jitomate en invernaderos no calentados en inviernos moderados, porque esta ha sido el método más efectivo para obtener frutos comerciales bajo condiciones de polinización deficiente.

Auxina sintética es un término genérico usado para indicar algunos compuestos orgánicos puramente sintéticos los cuales muestran una actividad fisiológica similar a la del ácido indol acético (AIA) (Bidwell, 1983). No obstante algunos de estos compuestos por ejemplo el ácido indol butírico (AIB) y el ácido indol 3-propiónico (AIP), aparentemente no son sintéticos exclusivos desde que han sido reportados como naturales en pocas especies (Abad y Monteiro, 1989).

La auxinas sintéticas usadas para el establecimiento de frutos y desarrollo del jitomate son químicamente diversas, pero pueden categorizarse dentro de dos clases principales: los derivados del ácido naftalen acético (ANA) y del ácido clorofenoxiacético (HCPA). El primer grupo está tipificado por el naftoxi-2-acetamida (BNOA) y el ANA y sus correspondientes amidas derivadas insustituibles. Las auxinas sintéticas en las series del HCPA más comúnmente usadas son el ácido 4-clorofenoxiacético (4-CPA), ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), HCPA y el ácido 3-clorofenoxipropiónico (3-CPP). (Wittwer y Bukovac, 1962; Ruggeri y Mauromicale, 1979; Wittwer, 1984; citados por Abad y Monteiro, 1989).

4.4.1.2. Actividad química y concentración

Según Ruggeri y Mauromicale (1979), (citados por Abad y Monteiro, 1989), los productos comerciales pueden ser formulados con uno o dos de los mencionados constituyentes activos. Las formulaciones basadas en 4-CPA, BNOA+2,4-D, BNOA+ANA, BNOA+3CPP o BNOA mas sus derivados.

Varios autores citados por Abad y Monteiro (1989) (Murneek *et al.*, 1944; Mann y Minges, 1949; Veschambre y Zuang, 1979), establecen que cuando estos compuestos son asperjados como soluciones acuosas a los racimos florales de jitomate los rangos de concentración efectivos varían ampliamente y dependen en gran medida de la naturaleza química de las auxinas. Por ejemplo el BNOA es efectivo de 50 a 500 mg.l⁻¹, el 4-CPA de 10 a 100 mg.l⁻¹ y el 2,4-D de 5 a 10 mg.l⁻¹ del ingrediente activo. En largo tiempo se ha puesto mucha atención sobre el HCPA en varios países diferentes, por ejemplo Francia, Portugal, España y Japón, aunque este no es comercial y obtenible de un suplemento. El HCPA es efectivo de 50 a 500 mg.l⁻¹ (Desmoras *et al.*, 1962; Wittwer y Bukovac, 1962; Abad y Guardiola, 1984 y Monteiro 1986b; citados por Abad y Monteiro, 1989).

Las auxinas sintéticas difieren significativamente en su efectividad para estimular el desarrollo de fruto cuando se probaron comparativamente bajo condiciones de producción (Picken y Grimmett, 1986) y (Howlett y Marth, 1946; Verkerk, 1957; Martínez y González, 1981a; citados por Abad y Monteiro, 1989). además se encontró una correlación positiva entre la disponibilidad para promover el crecimiento del fruto y la aceleración del

período de cosecha. Los ácidos clorofenoxiacéticos, especialmente el 4-CPA y 2,4-D son más efectivos que otras sustancias auxínicas cuando son probadas en concentraciones óptimas (Zimmerman y Hitchcock, 1944). Las diferencias observadas entre compuestos auxínicos no se disminuye con el incremento en sus concentraciones, puesto que las relaciones de respuesta a concentración exhiben la misma saturación dentro de los rangos de concentración que han sido probados (Zalik *et al.*, 1951; Choudhury y Faruque, 1973; Lipari, 1979; Martínez y González, 1981a; Abad y Guardiola, 1984; Monteiro, 1986b; citados por Abad y Monteiro, 1989).

4.4.1.3. Métodos y tiempos de aplicación

La aplicación confinada a flores o racimos individuales es más efectiva y favorece grandes incrementos en rendimiento temprano y total que toda la planta tratada (Wittwer y Tubner, 1956). Cuando las auxinas se aplican a toda la planta tienen un fuerte efecto morfogenético sobre los tejidos meristemáticos y ocasionan una influencia muy marcada sobre la forma del fruto. Los resultados son: elongación de entrenudos, plantas grandes, producción de hojas palmeadas y de lento crecimiento, producción de un número limitado de pequeños frutos en inflorescencias diferenciadas al tiempo del tratamiento y en los racimos diferenciados posteriormente hay formación de frutos de pobre calidad tanto externa como interna (Murneek *et al.*, 1944; Zimmerman y Hitchcock, 1944; Rylski, 1979a).

La aplicación localizada de soluciones acuosas de auxinas se lleva a cabo por medio de aspersores portátiles operados manualmente. Puede ser

adecuada una aspersora manual tipo mochila. Sin embargo debe tenerse cuidado de eludir el golpeo de las hojas y tallo en el punto de crecimiento con el asperjado. La aplicación de auxinas directamente abriendo la flor induce un alto porcentaje de frutos cuajados y desarrollados (Zimmerman y Hitchcock, 1944).

Para asegurar el máximo beneficio por tratamiento auxínico según Roberts y Struckmeyer, 1944; Hemphill, 1949; Mann y Minges 1949; Odland y Chan, 1950; Singletary y Warren, 1951 (citados por Abad y Monteiro, 1989), la sustancia química debe ser aplicada en el estado preciso de desarrollo. Las aplicaciones hechas desde “botón tardío” hasta “completa apertura floral” son más efectivas que las aplicaciones en botón temprano. Las flores están receptivas a las auxinas por una semana o más y así un tratamiento aplicado apropiadamente puede “amarrar” una gran proporción de flores de un racimo. Las aplicaciones individuales a las flores cuando estas han abierto ha mostrado ser menos efectiva que la aplicación a todo el racimo floral. Ambos después del 50 % de flores en anthesis (Lipary y Mauromicale, 1979) o cuando la primera flor estableció su fruto (Lipary, 1982) (ambos trabajos citados por Abad y Monteiro, 1989). Esta técnica simple de aspersión tiene ventajas comerciales obvias. No obstante, repitiendo tratamientos (2 o 3) a cada inflorescencia da mejores resultados que una aplicación simple (Kepcka, 1966) Así, los productores usualmente asperjan auxinas una vez que han abierto el 70 a 80 % de las flores del racimo basal, durando el tratamiento una semana. Cada racimo es asperjado dos veces, la primera cuando han abierto 3-4 flores y la otra una semana más tarde, prácticamente cuando todas las flores han abierto y cuando los primeros frutos han cuajado.

Catalá *et al.* (1990), encontró que los reguladores de crecimiento incrementan la tasa de crecimiento de fruto tanto en genotipos partenocárpicos como en los no partenocárpicos y al parecer el período crítico de aplicación es durante la primera y segunda semanas después de la antesis y tienen mayor influencia cuando este período es el más frío.

Cuando las inflorescencias tienen una alta proporción de flores “alargadas” las auxinas pueden ser asperjadas tempranamente desde el estado de “botón temprano” a “botón tardío” de tales flores que normalmente se inclinan antes de la antesis (Monteiro, 1986).

4.4.1.4. Efecto sobre establecimiento de fruto y partenocarpia

El término partenocarpia puede ser utilizado para denotar frutos sin semilla y frutos con la totalidad de semillas abortadas. La tendencia de tal expresión de partenocarpia puede ser facultativa o accidental cuando se producen los frutos en respuesta al estímulo medioambiental y depende de dos factores principales: temperatura y cultivares sensibles a bajas temperaturas. El porcentaje de frutos sin semilla es más alto a bajas temperaturas porque la expresión de pérdida de semilla prevalece sobre la expresión de formación de semilla solamente cuando el ambiente es desfavorable para la formación de la misma (Kepcka, 1966; Rylski, 1979a,b; Monteiro, 1986; Cuartero *et al.*, 1987). La mayoría de las plantas se ve afectada por bajas temperaturas mostrando una notable disminución de la producción de polen y viabilidad del mismo, pero el mayor efecto es el establecimiento de frutos partenocárpicos (Kepcka, 1966; Rylski, 1979a; Monteiro, 1986; Abad y Guardiola, 1986).

De acuerdo con este origen partenocárpico, la aplicación de auxinas es muy efectiva para incrementar el establecimiento de frutos cuando el ambiente es favorable para la expresión de partenocarpia (Rylski, 1979b; Monteiro, 1986; Abad y Guardiola, 1986). Además las auxinas pueden causar una reducción en el porcentaje de frutos establecidos, presumiblemente a causa de la competencia por asimilados entre los primeros frutos inducidos y el desarrollo y la permanencia de los ovarios desarrollados con su abscisión eventual posible (Monteiro, 1986; Picken, 1984).

Cuando la polinización y la fertilización no se llevan a cabo, o bajo condiciones ambientales específicas, las flores abortan y hay un establecimiento de frutos partenocárpico. Rylski 1979b, observó que con una temperatura de 27 °C durante el día y 10 °C en la noche, aproximadamente el 80 % de las flores no fertilizadas abortan y bajo la misma temperatura nocturna, pero con 17 °C en el día, las flores no fertilizadas establecen frutos partenocárpico.

La aplicación de auxinas reduce significativamente el número de semillas normales (Kepcka, 1966 y Rylski, 1979b) e incrementa tanto el número de semillas abortadas por fruto (Monteiro, 1986), como la proporción de frutos partenocárpico (Rylski, 1979b; Abad y Guardiola, 1986; Corella *et al.*, 1986; Cuartero *et al.*, 1987). La extensión de estos efectos esta relacionada directamente con la habilidad del cultivar para establecer naturalmente frutos sin semilla (Kepcka, 1966; Monteiro, 1986; Abad y Guardiola, 1986; Cuartero *et al.*, 1987) Los tratamientos con auxinas sintéticas inducen partenocarpia tanto en ovarios fertilizados como no fertilizados cuando el ambiente es favorable para la polinización. Estas sustancias pueden limitar la producción

de semilla en frutos como resultado de abundante flujo de auxinas a los óvulos antes de que pueda ocurrir la fertilización, lo cual puede suprimir el proceso (Hemphill, 1949; Johnson, 1956; Verkerk, 1957; citados por Abad y Monteiro, 1989). En resumen, los óvulos probablemente abortan después de la fertilización en aquellas flores que alcanzaron antesis algunos días antes del tratamiento con auxinas produciendo así frutos deficientes en semilla (Rylski, 1979b).

La producción de flores “alargadas” bajo temperaturas nocturnas cálidas y poca luz, a menudo caen antes de alcanzar el estado de antesis. En estas situaciones la aplicación de auxinas incrementa significativamente el porcentaje de frutos establecidos (Monteiro, 1986).

Abad y Monteiro (1989), concluyen que las auxinas asperjadas a racimos de jitomate en floración en condiciones de inviernos suaves, no incrementan el establecimiento de frutos. Bajo temperatura nocturna moderada y en ausencia de polinización, los ovarios permanecen pegados a sus pedicelos y se obtiene un cultivo achaparrado y con frutos partenocárpicos. En estas condiciones el cuajado de fruto es alto pero muchos de los frutos comerciales no llegan al tamaño comercial.

4.4.1.5. Efecto sobre tamaño de fruto

Bunger-Kibler y Bangerth, 1982/83; Establecen que el crecimiento del fruto de jitomate está caracterizado por dos estados, un estado de división celular entre el establecimiento y el séptimo al décimo cuarto día y el

subsecuente estado de incremento en volumen celular determinado por división nuclear sin división celular y según Monteiro (1983), la curva de crecimiento del fruto tiene una forma sigmoideal, donde los frutos grandes crecen más rápido que con los pequeños.

Muchos de los frutos partenocárpicos naturalmente establecidos en condiciones de invierno moderado no llegan al tamaño comercial (Kepcka, 1966; Rylski, 1979b; Abad y Guardiola, 1986; Corella *et al.*, 1986) porque la poca cantidad de semilla reduce grandemente la actividad de los frutos.

Según Iwahori (1967), Varga y Bruinsma (1976) y Mapelli *et al.* (1978) citados por Kagan-Zur *et al.* (1992), muestra que existe una correlación positiva entre el número de semillas y la concentración de auxinas y se ha identificado a las semillas como una fuente de auxinas en el fruto. Además, un alto número de semillas provoca un más rápido crecimiento inicial, mientras que la aplicación de auxinas influencia principalmente el diámetro final (Monteiro, 1983).

Una gran cantidad de autores (citados por Abad y Monteiro, 1989) sostienen que esta falla en el llenado de fruto es suplida con la aplicación de auxinas sintéticas con las que se mejora el crecimiento de fruto y se incrementa el porcentaje de frutos comerciales. Esto es porque las auxinas sintéticas cumplen la función de las que deberían producirse por medio de las semillas.

Muchos de los efectos de las auxinas sobre el peso y tamaño del fruto son causados por la estimulación del crecimiento de los frutos partenocárpicos con un pequeño incremento en los frutos pequeños (Abad y Guardiola, 1986).

No está claro si el crecimiento de frutos partenocárpicos inducidos químicamente es el resultado de elongación celular debido a la aplicación de auxinas o causada por el aumento de actividad evocada por esos productos, desde que se ven involucrados los reguladores de crecimiento en el mejoramiento del crecimiento al ser establecidos (Ho, 1984)

Para mejorar el tamaño de fruto, Abad y Monteiro (1989), citan a varios autores y establecen que las aplicaciones de auxinas son más efectivas a principios de invierno comparadas con otras estaciones del año debido a lo siguiente: las condiciones ambientales más favorables mejoran la polinización y el establecimiento de semilla con los cuales se incrementa el crecimiento del ovario hay una respuesta más baja en crecimiento para auxinas a altas temperaturas o luz suficiente.

Las auxinas no estimulan el crecimiento de frutos de forma general, pero son capaces de reemplazar los factores limitantes de crecimiento en condiciones ambientales adversas. El efecto de las auxinas es menor cuando las condiciones ambientales son óptimas para el desarrollo del fruto. La efectividad auxínica para mejorar el crecimiento del fruto varía ampliamente con la posición de la inflorescencia sobre el tallo principal. El tamaño final de los frutos inducidos químicamente es mayor en los primeros racimos. En plantas no tratadas el tamaño final del fruto se incrementa generalmente con la altura de

los racimos, mientras que en las plantas tratadas con auxinas se muestra el efecto contrario (Abad y Guardiola, 1986). Se sugiere que este comportamiento se debe a la competencia por el suplemento de carbohidratos entre el crecimiento de los primeros racimos y los tardíos.

4.4.1.6. Efecto sobre número de frutos

La aplicación de auxinas causó una reducción en el número de frutos por planta en aquellos experimentos en los cuales se presentó un alto número de frutos por planta (Abad y Guardiola, 1986; Monteiro, 1986). Este efecto se debió, por un lado, a la reducción en el número de flores por inflorescencia en aquellos racimos con desarrollo después de la aplicación de auxinas (Monteiro, 1986; Abad y Guardiola, 1986) y por el otro a la falta en el establecimiento de frutos por la aplicación tardía a las flores, cuando una alta proporción de primeros ovarios tratados se han establecido y comienzan a abortar, seguido de la aplicación de auxinas (Monteiro, 1986; Picken, 1984).

Según Abad y Guardiola (1986), las auxinas sintéticas tienen capacidad para inhibir el desarrollo de racimos iniciados subsecuentemente y esta capacidad está relacionada directamente con la efectividad de las auxinas para mejorar el crecimiento de los primeros frutos inducidos. Así tal efecto es bastante agudo en cultivares de alta respuesta, mientras que es muy reducido en los de baja respuesta. Además, los racimos florales asperjados con auxinas "fuertes" (4-CPA o 2,4-D) causan una gran reducción del desarrollo en los racimos iniciados subsecuentemente en comparación con los asperjados con auxinas débiles (BNOA-amida, AIA, AIB, ANA, etc).

4.4.1.7. Efecto sobre precocidad de fruto

Según diversos autores citados por Abad y Monteiro (1989), la aplicación de auxinas acelera la tasa de crecimiento de frutos, disminuye el período de desarrollo de fruto y disminuye el tiempo desde anthesis hasta inicio de maduración. Estos resultados dan como consecuencia mayor precocidad y un patrón de rendimiento más uniforme a lo largo del tiempo. El efecto de las auxinas en la precocidad de cultivos es más marcado cuando se expresa como peso o rendimiento cosechado por planta en lugar de número de frutos. Por ello, la mayor parte de los efectos es debida a un incremento en el peso final de frutos, con resultados también en rendimiento comercial temprano.

4.4.1.8. Efecto sobre rendimiento de fruto

Se ha encontrado en varios trabajos (Picken y Grimmett, 1986; Monteiro, 1986; Kepcka, 1966; Abad y Monteiro, 1989 que además citan a muchos autores), que existen cultivares de jitomate de baja y de alta respuesta a la aplicación de auxinas; en los cultivares de baja respuesta, el efecto se ve manifiesto por poco efecto sobre floración, establecimiento y crecimiento del fruto. En los cultivares de alta respuesta se da una estimulación de crecimiento de frutos partenocárpicos y está asociada con una reducción compensatoria en el número de frutos cosechados. Por ello el grado en el cual las auxinas pueden afectar el rendimiento total por planta está relacionado con la tendencia del cultivar a la expresión de partenocarpia a bajas temperaturas y con el número de racimos florales en el tallo principal. La mayoría de las plantas muestran una tasa considerable de frutos partenocárpicos, que incrementan el rendimiento.

En forma separada, Abad y Monteiro (1989), establecen que la aplicación de auxinas en forma general causa un incremento en el tamaño de fruto, rendimiento del cultivo y precocidad del mismo, también con dicha aplicación sobreviene la condición de fruto no comercial al presentarse deformaciones y una gran cantidad de frutos que se quedan pequeños. También se reduce fuertemente el número de frutos por planta porque los frutos del primer racimo inducido inhiben la elongación de frutos de racimos subsecuentes y el establecimiento de ovarios tratados anteriormente. Sin embargo hay un incremento en rendimiento del cultivo y se da porque las auxinas causan la producción de un limitado número de frutos grandes que crecen rápido.

En consecuencia, según la diversidad de opiniones, el rendimiento total por planta se ha reportado tanto para incrementar, como para inafectar el rendimiento por medio de las auxinas.

4.4.1.9. Efecto sobre calidad de fruto

La calidad de frutos de jitomate producidos en condiciones de invierno moderado puede afectarse, tanto por bajas temperaturas, como por la aplicación de auxinas. Ambas situaciones pueden causar anomalías en frutos, las cuales presentan diferencias particulares en cada caso (Kepcka, 1966; Rylski, 1979a,b; Monteiro, 1983; Abad y Guardiola, 1986).

Las bajas temperaturas durante el desarrollo floral inducen severas deformaciones en el fruto que se forma; entre las anomalías más comunes

que se presentan están los frutos con cerrado incompleto y pudriciones basales aberrantes (“caras de gato”) Aunque estas anomalías en la forma del fruto dependen primariamente de las condiciones ambientales, las auxinas pueden jugar un papel muy importante en su apariencia. Las auxinas tienen un fuerte efecto estimulador sobre el desarrollo del tejido carpelar y de esta manera pueden incrementar en ciertas instancias la predisposición natural del ovario para ciertas malformaciones (Kepcka, 1966; Rylski, 1979a,b; Sawhney, 1983; Sawhney y Polowick, 1985; Abad y Guardiola, 1986).

La aplicación de auxinas provoca también una elongación terminal en el fruto en forma de chichón. Esta elongación se atribuye a la participación del estilo en la formación del fruto o a la estimulación del tejido terminal por el uso de las auxinas. La ocurrencia de esta malformación en el fruto provocada por auxinas se conoce que está regulada por: a) el tipo de auxina, b) el cultivar de jitomate y c) La temperatura. Con auxinas fuertes, la mayor ocurrencia de la malformación se da tanto con 4-CPA como con 2,4-D. En cuanto a cultivares, la mayor respuesta se presenta con frutos alargados y finalmente se ha establecido que la manifestación en cuanto a temperatura es lo que menos se presenta y es una combinación de alargados y elongados de la parte terminal (combinación de las dos anteriores) (Kepcka, 1966; Abad y Guardiola, 1986; Monteiro, 1986).

Según Rylski (1979a,b) y Abad y Guardiola (1986), algunos de los frutos establecidos naturalmente bajo condiciones de bajas temperaturas son huecos. Este ahuecamiento ha sido atribuido a la pérdida de semilla en la inducción de partenocarpia natural. Por ello el ahuecamiento es poco destacado en aquellos

cultivares que muestran una gran tendencia hacia la expresión de partenocarpia a bajas temperaturas. De otra manera, los cultivares con frutos globulares y pocos lóculos normalmente se caracterizan por un alto grado de ahuecamiento comparado con aquellos con frutos achatados con muchos lóculos. Los mismos autores han observado que las auxinas provocan la ocurrencia de ahuecamiento y una falta de consistencia en los huecos de los frutos consecuencia de poco tejido del lóculo debido a la extensión periclinal del pericarpio. Esta ocurrencia depende de: a) condiciones ambientales (particularmente de temperatura), b) cultivar de jitomate y c) tipo y concentración usada de auxina. Los cultivares con pocos lóbulos son más susceptibles a esta anomalía que los cultivares multilobulados. Además los frutos en los cultivares no partenocárpicos muestran una mayor sensibilidad a la falta de consistencia que los genéticamente partenocárpicos.

Rylski y Alone (1990), aclaran que la partenocarpia en solanáceas puede ser dependiente de las condiciones ambientales (bajas temperaturas) y no deben confundirse con la partenocarpia de origen genético. Con temperaturas altas o con esa tendencia, el fenómeno no se presenta; en condiciones similares a las de Israel en invernaderos sin calentar, las temperaturas mínimas pueden alcanzar 5 a 10 °C y a veces casi 0, mientras que las temperaturas diurnas alcanzan rangos óptimos y frecuentemente estas bajas temperaturas inducen la formación de frutos sin semillas y malformaciones de estos sin que haya relación con la partenocarpia. En jitomate los frutos partenocárpicos generalmente no alcanzan el tamaño comercial, no importando si son variedades determinadas o indeterminadas, pero la poda aumenta el tamaño de

flor y fruto (en frutos normales), pero no lo suficiente en frutos partenocárpicos, por lo que necesitan la ayuda de auxinas exógenas.

La consistencia de jalea verdosa es otra anomalía inducida por auxinas que consiste en una consistencia gelatinosa en las células partenocárpicas de la placenta y permanecen verdes siempre aunque el pericarpio se muestre completamente rojo (Kepcka, 1966; Rylski, 1979a,b).

En la composición general del fruto, las auxinas reducen el porcentaje de materia seca, la conductividad, refractividad, acidez titulable y el contenido de potasio en el jugo (Picken y Grimmett, 1986).

En forma general puede decirse que algunas malformaciones prominentes de los frutos de jitomate, por ejemplo los frutos llamados "cara de gato", resultan del efecto de bajas temperaturas sobre el desarrollo del tejido del ovario; y las deficiencias de calidad debidas típicamente al efecto de las auxinas son la falta de consistencia, el crecimiento de la parte terminal ("afresamiento"), y el endurecimiento de la placenta, pero pueden ser prevenidas o reducidas en gran medida por el uso de auxinas apropiadas y su concentración, además del empleo de cultivares poco susceptibles.

Entonces puede decirse que las auxinas pueden afectar la calidad del fruto, pero no son totalmente responsables de la misma en los invernaderos sin calefacción (Abad y Monteiro, 1989).

4.5. Efecto del metanol sobre los procesos fisiológicos y componentes del rendimiento en vegetales

Estudios realizados por varios autores (Benson, 1951; Bassham *et al.*, 1954; Quayle *et al.*, 1954), citados por Nonomura y Benson (1992), señalan que existe un metabolismo muy rápido para el metanol marcado con ^{14}C dentro de las hojas de las plantas.

Calvin y Benson (1949) citados por los mismos autores, han concluido, de la comparación de tasas relativas de fijación de bióxido de carbono y metanol, marcados ambos con ^{14}C que el metanol puede ser utilizado para la producción de azúcar y aminoácidos tanto y tan rápidamente como el bióxido de carbono en cepas de *Chlorella* y *Scenedesmus*. También citado por Nonomura y Benson (1992), Cossings (1964), trabajando con plantas superiores, confirma que efectivamente el metanol se metaboliza rápidamente dentro de las hojas.

Cooney y Levine (1972), trabajando con bacterias y Hardey *et al.* (1973) con hongos, ambos citados por Nonomura y Benson (1992), concluyen que el metanol es rápidamente oxidado a formaldehído y convertido a fructosa 6-fosfato, el proceso es el siguiente: el formaldehído reacciona con la pentosa 5-fosfato para dar alulosa 6-fosfato, la cual epimeriza a fructosa 6-fosfato.

Nonomura y Benson (1992), hicieron sus primeros estudios del alga *Botryococcus braunii* y encontraron que ésta, con la aplicación de metanol podía duplicar su peso seco en 10 días (116 mg) comparando el rendimiento de

peso seco promedio de los testigos (59 mg) suplementados ambos con bióxido de carbono. En un ambiente normal, los rendimientos promedio de peso seco de tratamientos con metanol (52 mg), fueron mayores que los testigos (45 mg). Ningún testigo mostró crecimiento en la obscuridad durante el período de 10 días. En estas primeras pruebas, el metanol mostró ser un componente activo en la fotosíntesis.

Estos mismos autores al probar el metanol con plantas expuestas a luz intensa, observaron respuestas rápidas, siempre y cuando se esté por debajo de los niveles de toxicidad para dicho alcohol. Estos niveles tóxicos varían de acuerdo a la localización anatómica de la aplicación y tipo de planta de que se trate. Las respuestas a un gradiente de concentración sobre jitomate muestran daño en el margen de las hojas en concentraciones del 20 al 40 % y no se presenta fitotoxicidad al 10 % en un período de 4 a 10 días.

Según Light (1993), entrevistando al mismo Nonomura, el metanol actúa como un nutrimento vegetal que inhibe la fotorespiración (y de esta manera reduce el desperdicio de energía). La fotorrespiración resulta de reacciones químicas que hacen que las plantas produzcan CO_2 y amoníaco cuando están bajo luz intensa. A mediodía, cuando se eleva la intensidad de la luz y los niveles de CO_2 permanecen constantes, las plantas tienen "hambre" de este compuesto y cuando se aplica metanol a las plantas, éste se convierte en CO_2 o azúcar. El CO_2 da a la planta el sustento que necesita para sobrevivir a esos períodos críticos de alta luminosidad.

En un artículo publicado en 1992, Nonomura y Benson destacan una serie de resultados interesantes en relación a la aplicación foliar de metanol:

1) Bajo luz solar directa, las ganancias en crecimiento en plantas de jitomate tratadas tres veces con metanol al 10 % “mínimamente mejorado” (término que los autores acuñan cuando agregan urea, glicina y fierro) fueron visibles sobre los testigos a las dos semanas de tratamiento, los testigos mostraron 9 a 10 entrenudos, mientras que las tratadas mostraron 9 a 12. Las plantas tratadas tuvieron hojas y tallos 25 a 50 % más gruesas que los testigos. El desarrollo de frutos en plantas tratadas comenzó 5 a 10 días antes que los testigos y los frutos de las mismas plantas promediaron 10 a 12 % más contenido de azúcar que los testigos después de 1 mes. Con tratamientos de aplicación foliar bajo luz solar directa se observó un incremento en turgidez a las dos horas del tratamiento. Este incremento en turgidez fue particularmente evidente entre ciclos de riego y en la tarde. Las plantas tratadas permanecieron erectas y vigorosas en los mismos períodos que los testigos se vieron estresados por falta de agua.

2) Bajo alta intensidad luminosa la aplicación foliar de metanol al 30 % sobre algodón, resultó en incremento de turgencia en la hoja a las 4 horas y aproximadamente se incrementó el peso en 15 % sobre los testigos a las dos semanas del tratamiento. Durante 1990, cuando se presentaron temperaturas de 45 a 50 °C, las plantas de algodón tratadas presentaron turgencia, mientras que el resto del cultivo se marchitó al máximo en las horas de la tarde. En un campo de 27 hectáreas tratado dos veces 12 semanas previo a la cosecha de algodón, el fruto maduró aproximadamente 2 semanas más temprano que los campos sin

tratar, esta maduración precoz mostró que los riegos pueden ser suspendidos 15 días más temprano. El tratamiento con metanol también estimuló el desarrollo de hojas de algodón en 20 % más de superficie y 25 a 50 % más grosor que los testigos en 2 a 3 semanas. Estas mejorías se observaron principalmente en el dosel superior con un inicio en las hojas bajas. Individualmente las plantas recibieron 0.5 ml de metanol.

3) También se trataron coles bajo luz solar directa con metanol al 20 %. Durante una semana, cuando la temperatura máxima fue superior a 40 °C, las plantas tratadas mejoraron turgencia, mientras que los testigos se marchitaron. Durante el otoño, las coles tratadas con una sola aplicación de metanol mostraron mayor grosor, mayor número de hojas y aproximadamente un 50 % de incremento en crecimiento vegetativo sobre los testigos después de 2 semanas. Las coles tratadas con aplicaciones múltiples de metanol mostraron clorosis y menos crecimiento después de la quinta aplicación; por ello fueron utilizadas soluciones suplementadas con nutrimentos conteniendo urea y fierro quelatado para sostener el crecimiento. Después de 4 semanas y 3 tratamientos con metanol al 20 % “mínimamente mejorado” 10 coles tratadas promediaron 3.3 a 4.0 kg. “cabeza”⁻¹, mientras que 10 testigos promediaron 2.0 a 2.5 kg. “cabeza”⁻¹. Se hicieron ensayos posteriores establecidos en condiciones invernales (temperaturas frías), de días cortos y con lluvias frecuentes. Bajo estas condiciones de invierno frío, húmedo y de bajas intensidades luminosas, las diferencias entre las coles tratadas y los testigos fueron imperceptibles.

4) Las plantas de sandía tratadas con metanol al mediodía mostraron alta turgencia en las guías con una erección del follaje previo a la puesta del sol del

mismo día; por el contrario los testigos mostraron menos vigor y menos características de apariencia normal, el follaje generalmente se originó paralelo al plano de crecimiento. Las sandías mostraron aproximadamente un 50 % de incremento en rendimiento de fruto sobre los testigos y se atribuye al tratamiento previo con el metanol. Después de 40 días del tratamiento se dio la primera cosecha que rindió 37 ton.ha^{-1} , mientras que los testigos rindieron 25. Las siguientes cosechas rindieron un total de 74 ton.ha^{-1} en la sección de prueba y 54 ton.ha^{-1} en los testigos. La cosecha total mostró un 36 % de incremento en rendimiento en las sandías tratadas sobre los testigos y el costo de metanol por aplicación fue de 1 % de la ganancia lograda por mejorar el rendimiento del fruto.

5) Hicieron pruebas preliminares con el cultivo de rosa y observaron que altas concentraciones de fierro (EDTA a 0.9 g.L^{-1}) en metanol fueron fitotóxicas. 0.08 g.L^{-1} fue la máxima concentración tolerada por el follaje joven. También se logró una muy alta relación C/N en la aplicación foliar final debido a que no se aplicó urea. Cuando los cultivares 'Rotary Rose', 'Paul Harris', 'Miss All-American Beauty', 'Blue Girl', 'Tiffany', 'Mr. Lincoln', 'John F. Kennedy', 'Joseph's Coat', 'Peace', 'Lowell Thomas' y 'Queen Elizabeth' fueron tratados con metanol llegaron al índice de cosecha en 62 días de colocadas en el invernadero. Los cultivares 'Angel Face', 'First Price' y 'Tropicana' requirieron 70 días aproximadamente para llegar al mismo estado fisiológico. Mientras que los testigos, también en invernadero, requirieron de 75 a 80 días. Las plantas tratadas mostraron más follaje y flores que los testigos. Las flores del cultivar 'Miss All-American Beauty' por ejemplo promediaron 26 g comparados con 18 g de los testigos. En la primera floración,

las plantas tratadas del cultivar 'Paul Harris' promediaron ocho flores completamente abiertas. Los testigos, mas tarde, promediaron 4 flores en la misma condición. Las plantas permanecieron sanas y libres de plagas.

6) El trigo duro (*Triticum durum*) tratado bajo luz solar directa con tres aplicaciones de metanol al 20 % con nutrimentos solubles estuvo erecto y turgente durante un estrés de agua, mientras que los testigos se marchitaron por dos horas aproximadamente durante la tarde después de eliminar un segundo ciclo de riego. El follaje de trigo tratado promedió más de 50 % en tamaño y 35 % en ancho de hoja que los testigos sin tratar después de 45 días de la siembra. A la cosecha, las espigas de las plantas tratadas promediaron 2 veces el número de semillas y peso que los correspondientes testigos. En cebada después de dos semanas de luz solar directa y aplicando metanol "mínimamente mejorado" como tratamiento, se mostraron incrementos en crecimiento vegetativo de aproximadamente 50 % sobre el testigo.

7) Con adición de glicina a las soluciones de metanol, cultivos como la rosa y jitomate mostraron que no hay fitotoxicidad en soluciones al 20 % de metanol, excepto en áreas donde se acumuló la solución. Sin glicina, estas mismas especies desarrollan hojas de márgenes cafés y quebradizos después del tratamiento con metanol al 20 %.

Basados en sus mismas investigaciones, Nonomura y Benson (1992), observaron que la adición de glicina mejora la respuesta de la planta bajo luz y sombra y que la glicina reduce la toxicidad del metanol. Se formuló una solución estándar para tiempo nublado o para luz solar directa y consta de lo

siguiente: 20 % de metanol, 0.1 % de urea, 0.1 % de urea fosfato, 0.1 % de glicina, 0.05 % de Tritón X-100 y agua. Esta formulación estándar se aplicó manualmente tres veces, una vez por semana, sobre berenjena, fresa y jitomate cultivados en contenedores a cielo abierto y las mejoras obtenidas se muestran en el cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Crecimiento y rendimiento de plantas tratadas con metanol.

Planta	Días de Trat.	Rendimientos*	Hojas**	Crec. Mejorado (%)
<i>Botryococcus</i>	10			100
Jitomate	30	65;41		50
Fresa	30	28;17	7;4.1 (5;2.6)	60
Berenjena	30	57;35	17;5.6 (7;4.4)	60
Algodón	30			50
Col	60			50
Trigo (Rendimiento de grano)	60			100
Rosa	45			40
Palma	180			70
Melón (Rendimiento de fruto)	75			36

*Pesos total (g) de plantas tratadas y testigos.

**Número promedio de hojas (y peso de hojas más grandes, g) para plantas tratadas y testigos

Fuente: Nonomura y Benson (1992).

Después de los tratamientos con metanol/glicina, las plantas requieren exposición a la luz solar directa. Cuando se mantuvieron en la sombra el follaje de las rosas tratadas con metanol/glicina desarrollaron áreas negras irregulares. Cuando las plantas se expusieron a luz solar directa con tratamientos por 24

horas de metanol/glicina, no se observaron daños foliares. Basados en los requerimientos postratamiento por fotosíntesis para detoxificar productos del tratamiento metanol/glicina bajo condiciones de luz pobre, se agregó glicerofosfato.

No se han observado efectos positivos después de la aplicación de alguna concentración de metanol a plantas con metabolismo C_4 : maíz, sorgo, pasto bermuda o zacate johnson; cinco aplicaciones foliares de metanol al 20 % a estas especies causaron daño mínimo y poca exposición foliar o maduración temprana al compararlos con los testigos. El maíz tratado con metanol no mostró diferencias en grano o parámetros vegetativos y presentó áreas de ennegrecimiento lineal a lo largo de las nervaduras centrales de las hojas al igual que ondulación de la textura de las mismas.

V. MATERIALES Y METODOS.

5.1. Ubicación de los experimentos

El presente trabajo constó de tres experimentos llevados a cabo en dos invernaderos, ubicados ambos en el municipio de Texcoco, Edo. De México y pertenecientes a la empresa "Industrial Agropecuaria Junco"

Para los tres experimentos se tuvieron los siguientes aspectos en común:

5.2. Material biológico empleado

Se empleó el cultivar híbrido de jitomate 'Humaya', el cual se caracteriza por ser un material de hábito de crecimiento indeterminado, con tallos gruesos, hojas grandes de color verde oscuro, por racimo produce de 4 a 6 frutos grandes y firmes, los cuales alcanzan la maduración completa de 70 a 80 días después de la antesis (dependiendo de la temperatura media). Presenta resistencia a hongos del género *Fusarium* y *Verticillium*.

5.3. Sistema de cultivo

Los tres experimentos se condujeron bajo invernadero e hidroponia con el paquete tecnológico de despuntes (a dos racimos florales) y altas densidades de población (16 plantas.m⁻²) descrito con amplitud en el tema de introducción. Se utilizó como sustrato arena de tezontle rojo a una profundidad aproximada entre 25 y 30 cm y con un tamaño de partícula comprendido entre 1 y 4 mm de diámetro.

5.3.1. Sistema de riego

Se manejó un sistema de riego por goteo a base de cinta tipo "Ro-Drip", colocando 3 líneas de la misma por cama, con un gasto medio aproximado de 6 litros.m⁻²día⁻¹ y sin recirculación de la solución nutritiva

5.3.2. Solución nutritiva

Fué preparada de acuerdo a las concentraciones y con los fertilizantes que se indican en el cuadro 5.1

Cuadro 5.1.- Elementos, concentraciones y fuentes empleadas en la solución nutritiva.

NUTRIMENTO	CONC. (mg.l ⁻¹)	FUENTES
Nitrógeno	250	Nitrato de calcio [Ca (NO ₃) ₂]
Fósforo	60	Fosfato diamónico (18-46-00)
Potasio	300	Sulfato de potasio (K ₂ SO ₄)
Calcio	350	Sulfato de magnesio (MgSO ₄ .7H ₂ O)
Azufre	200	Sulfato ferroso (FeSO ₄ .7H ₂ O)
Magnesio	75	sulfato de manganeso (MnSO ₄ .4H ₂ O)
Fierro	3	Acido bórico (H ₃ BO ₃)
Manganeso	0.5	Sulfato de cobre (CuSO ₄ .5H ₂ O)
Boro	0.5	Sulfato de zinc (ZnSO ₄ .7H ₂ O)
Cobre	0.1	
Zinc	0.1	
Molibdeno		
Cloro		

Los dos últimos micronutrientes que se muestran en el cuadro anterior no se aplicaron a la solución ya que se requieren en tan pequeñas cantidades que los fertilizantes utilizados para prepararla los contienen como impurezas y con ese aporte es suficiente para el desarrollo óptimo del cultivo.

5.4. Descripción de los experimentos.

5.4.1. Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de jitomate manejado con despuntes y altas densidades.

Se llevó a cabo del primero de diciembre de 1992 al 5 de mayo de 1993, probando la aspersion a las dos inflorescencias de diferentes reguladores de crecimiento del tipo de las auxinas y una citocinina, cada uno de ellos a dos distintas dosis, con la finalidad de incrementar tanto el número, como el tamaño de frutos, en condiciones de temperaturas nocturnas subóptimas comunes en el invierno para el área de Texcoco (5 a 10 °C). Adelante se describen los productos y concentraciones utilizadas.

Algunas fechas importantes en el desarrollo del experimento fueron las siguientes:

- Siembra: primero de diciembre, cero días después de la siembra (dds).
- Transplante: 18 de enero (49 dds).
- Aplicación de reguladores del crecimiento: 20 de febrero (82 dds).
- Conteo de floración 4 de marzo (94 dds).
- Conteo del % de fructificación (fin de cosecha).
- Inicio de cosecha: 3 de abril (124 dds).
- Fin de cosecha: 5 de mayo (156 dds).

Se emplearon como tratamientos los siguientes productos, a las concentraciones que se indican:

- 1.- Testigo (tratamiento 1).
- 2.- Acido p-clorofenoxiacético a 30.ppm (4-CPA)
- 3.- Acido p-clorofenoxiacético a 70 ppm (4-CPA)
- 4.- Acido 2,4-diclorofenoxiacético a 6 ppm (2,4-D)
- 5.- Acido 2,4-diclorofenoxiacético a 8 ppm (2,4-D)

- 6.- Acido indolbutírico a 80 ppm (AIB)
- 7.- Acido indolbutírico a 150 ppm (AIB)
- 8.- Bencil-adenina a 7 ppm (BA)
- 9.- Bencil-adenina a 17 ppm (BA)
- 10.- Acido α -naftilacético a 20 ppm (α -ANA)
- 11.- Acido α -naftilacético a 80 ppm (α -ANA)
- 12.- Acido naftalenacético a 100 ppm (ANA)
- 13.- Acido naftalenacético a 200 ppm (ANA)

Estos tratamientos fueron estudiados en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, teniendo como unidad experimental una superficie de 1.3 m² con 20 plantas cada una.

Las variables respuesta tomadas fueron las siguientes:

- 1.- Número de flores: a los 94 días después de la siembra (dds).
- 2.- % de frutos amarrados, respecto al número de flores (al final de la cosecha).
- 3.- Peso total de frutos (g).
- 4.- Frutos grandes (mayores de 6 cm de diámetro ecuatorial).
- 5.- Frutos medianos (entre 4 y 6 cm de diámetro ecuatorial).
- 6.- Frutos chicos (menores de 4 cm de diámetro ecuatorial).
- 7.- Número de frutos total.

Los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente por medio de computadora mediante el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), llevando a cabo análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Tukey) y en el caso de las variables relacionadas con la cosecha se hicieron análisis por corte y en forma total.

5.4.2. Evaluación preliminar del efecto del metanol sobre algunos aspectos fisiológicos y el rendimiento de jitomate.

La motivación para la realización de este trabajo surgió de un reporte realizado por Carol Kaesuk Yoon en el New York Times y transcrito por el Excélsior el 6 de noviembre de 1992 en donde expresa que dos connotados investigadores, Nonomura y Benson (descubridor del ciclo de Calvin-Benson) encontraron que el metanol aplicado en soluciones diluidas sobre el follaje de plantas con ciclo fotosintético C_3 (entre ellas el jitomate) en condiciones de alta luminosidad y temperatura, incrementan de un 50 a 100 % su crecimiento y rendimiento.

Lamentablemente en el reporte no se señalaba la metodología empleada ni se precisaban las concentraciones que se emplearon para las diferentes especies de cultivo. Se intentó infructuosamente una revisión bibliográfica para capturar información al respecto, no encontrándose en ese momento más antecedentes. Cabe aclarar que el artículo original de estos autores fue publicado en octubre de 1992 en el Proceedings of the National Academy of Sciences y sólo se tuvo acceso al mismo hasta que llegó a la biblioteca del Colegio de Postgraduados en marzo de 1993.

La siembra se realizó el 5 de enero de 1992, el trasplante el 20 de febrero. Otros eventos y fechas importantes son:

- Antesis en el primer racimo: 15 de marzo.
- Inicio de fructificación en el primer racimo y antesis en el segundo: 15 de marzo.
- Inicio de cosecha: 20 de abril.
- Fin de cosecha : 19 de mayo.

El experimento fue ubicado en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y cuatro tratamientos, tres de los cuales, consistieron en la aplicación del metanol por medio de una aspersion foliar diluida en agua al iniciarse la fructificación en el primer racimo (16 de marzo); las dosis fueron:

- Tratamiento 1: Metanol 3 ml.L⁻¹.
- Tratamiento 2: Metanol 10 ml.L⁻¹.
- Tratamiento 3: Metanol 20 ml.L⁻¹.
- Tratamiento 4: Agua sola (testigo).

Las unidades experimentales fueron de 1.3 m² cada una (20 plantas en total), separadas entre si por un metro de distancia con plantas sin tratamiento para evitar contaminaciones entre tratamientos.

En un foliolo, expuesto a la insolación, de la tercera hoja del ápice hacia abajo, en dos plantas de cada tratamiento y dentro de cada bloque; con un

analizador infrarrojo de gases (IRGA) (LI-6200 LI-COR, Nebraska, E.U.) portátil, se hicieron mediciones de:

- a) tasa de fotosíntesis bruta en $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.
- b) tasa de transpiración en $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.
- c) tasa respiratoria en $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.
- d) resistencia estomática en $\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$.

Particularmente la tasa de respiración se midió cubriendo la cámara del analizador con una tela negra para evitar la interferencia de la fotosíntesis con la luz.

Dichas mediciones fueron realizadas en los siguientes tiempos después de la aplicación de los tratamientos: dos horas, 1, 3, 10, 20 y 30 días y siempre entre las 11 y 13 horas.

Para complementar los datos del comportamiento fisiológico de las plantas se realizó un análisis de crecimiento llevando a cabo tres muestreos (17 y 30 de marzo y 16 de abril), usando dos plantas por tratamiento. Se registraron para cada planta muestreada los siguientes datos:

- a) peso seco de raíz (g).
- b) peso seco de tallo (g).
- c) peso seco de hoja (g).
- d) peso seco de peciolo (g).

- e) peso seco de inflorescencia (g).
- f) peso seco de fruto (g).
- g) peso seco total (g).
- h) área foliar (cm²).
- i) Tasa absoluta de crecimiento (media).
- j) Tasa relativa de crecimiento (media).
- k) Tasa de asimilación neta (media)

El rendimiento de fruto fue estimado para cada tratamiento realizando 5 cortes (entre el 20 de abril y el 19 de mayo) y se registraron:

- a) peso total (g).
- b) frutos chicos (menores de 4 cm de diámetro ecuatorial).
- c) frutos medianos (entre 4 y 6 cm de diámetro ecuatorial).
- d) frutos grandes (mayores a 6 cm de diámetro ecuatorial).

Para todos los datos obtenidos se realizaron análisis estadísticos de varianza y pruebas de comparación de medias (Duncan), por medio de computadora con el paquete estadístico SAS.

5.4.3. Efecto del metanol sobre algunos aspectos fisiológicos, nutricionales y rendimiento de jitomate manejado con despuntes y altas densidades.

El experimento se realizó del 4 de mayo de 1993 al 28 de octubre del mismo año y fue llevado a cabo de una manera más formal, tomando en cuenta

las experiencias generadas en el primer ensayo y el artículo completo de Nonomura y Benson (1992). En este experimento se ajustaron las concentraciones y formulaciones de acuerdo con lo señalado por dichos autores.

Algunas fechas importantes en el desarrollo del experimento fueron las siguientes:

- Siembra: 4 de mayo (día 0).
- Transplante: 22 de junio (49 dds).
- Aplicación del metanol: 6 de agosto (94 dds).
- Primer muestreo para cuantificar peso seco: 6 de agosto (94 dds).
- Segundo muestro para cuantificar peso seco: 13 de agosto (101 dds).
- Tercer muestreo para cuantificar peso seco: 23 de agosto (111 dds).
- Cuarto muestreo para cuantificar peso seco: 2 de septiembre (121 dds).
- Ultimo muestro para cuantificar peso seco: 13 de septiembre (132 dds).
- Primer muestro con el IRGA: 10 de agosto (98 dds).
- Segundo muestreo con el IRGA: 17 de agosto (105 dds)
- Tercer muestreo con el IRGA: 24 de agosto (112 dds)
- Ultimo muestro con el IRGA: 31 de agosto (119 dds).
- Inicio de cosecha: 6 de septiembre (125 dds).
- Fin de cosecha: 28 de octubre (177 dds).

Se realizó una sola aplicación foliar a los 94 días después de la siembra.

Los tratamientos probados fueron:

Tratamiento 1.- Testigo (aspersión foliar de agua sola)

Tratamiento 2.- Metanol al 10 %.

Tratamiento 3.- Metanol al 15 % + urea 5 gr.L⁻¹ + glicina 0.1 % + Fe (EDTA) 0.08 gr.L⁻¹ (mejorado).

Tratamiento 4.- Metanol al 15 %.

Tratamiento 5.- Metanol al 20 %.

Para este experimento se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental tuvo una superficie de 1.3 m² (1.3 m x 1m) y 20 plantas.

Los tratamientos se compararon considerando diferentes variables, que se pueden agrupar en los siguientes aspectos: una estimación de los procesos fisiológicos fundamentales, un análisis de crecimiento, una estimación del contenido de macronutrientes primarios en los diferentes órganos y una cuantificación de los componentes de rendimiento.

5.4.3.1. Estimación de procesos fisiológicos

A partir del 10 de agosto (98 dds), cuando los frutos se encontraban en su fase de crecimiento lineal, con un analizador infrarrojo de gases (IRGA), se hicieron cuatro mediciones (una por semana) de las siguientes variables:

- a) Densidad de flujo fotónico ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).
- b) Temperatura del aire (°C).
- c) Temperatura de la hoja (°C).

- d) Humedad relativa (%).
- e) Tasa de fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).
- f) Conductancia estomática (m s^{-1}).
- g) Tasa de transpiración ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).
- h) Tasa respiratoria ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Los sensores del IRGA proporcionan estimaciones de los procesos anteriores de la siguiente manera: en forma directa se pueden obtener datos de fotosíntesis neta, conductancia (o resistencia estomática) y transpiración. Obscureciendo la cámara se puede obtener también la respiración. Como datos accesorios que ayudan a verificar la consistencia en las mediciones de los procesos, el aparato proporciona datos de: flujo de fotones fotosintéticamente activos, temperatura del aire, temperatura de la hoja, humedad relativa y déficit de presión de vapor. Aunque estos últimos datos se analizaron estadísticamente y se utilizaron para valorar la consistencia de las mediciones de los procesos fisiológicos, no se incluyeron en los cuadros de resultados por considerarse innecesario, excepto para el cuadro 6.1, donde se incluyó la temperatura del aire.

Estas mediciones se hicieron en un foliolo de una hoja no sombreada, ubicada entre los dos racimos en una planta por tratamiento de cada bloque;

5.4.3.2. Análisis de crecimiento

Se llevaron a cabo 5 muestreos (a los 94, 101, 111, 121 y 132 dds). Para el primer muestreo, como aún no se aplicaban los tratamientos, sólo se

muestrearon 2 plantas de cada una de las parcelas en las cuatro repeticiones. Del muestreo dos en adelante, se tomaron 2 plantas por parcela pero sólo en dos repeticiones, esto debido a que se hubiera requerido una gran cantidad de plantas para realizarlo en las cuatro repeticiones para cada una de las fechas.

El análisis se desglosó por órganos, secando el material en estufa a 60 °C hasta alcanzar un peso constante. Previo a esto, se cuantificó el área foliar con un integrador electrónico LI-3100 (LI-COR, Nebraska, E.U.A.).

Las variables estudiadas fueron las siguientes:

- a) peso seco de raíz (g).
- b) peso seco de tallo (g).
- c) peso seco de hoja (g).
- d) peso seco de raquis (g).
- e) peso seco de racimo (g).
- f) área foliar (cm²).
- g) Tasa absoluta de crecimiento (media).
- h) Tasa relativa de crecimiento (media).
- i) Tasa de asimilación neta (media)

Con los datos obtenidos se calcularon y compararon estadísticamente tasas absolutas de crecimiento (TAC) y tasas relativas de crecimiento (TRC) para los diferentes órganos y el total de la planta. Además se calcularon tasas de asimilación neta (TAN). En los tres casos esto se realizó para los distintos intervalos entre muestreos.

El análisis estadístico se realizó de dos formas: a) Una comparación de tratamientos para cada muestreo (excepto el primero) con dos repeticiones y b) Una comparación de tratamientos considerando el promedio de los muestreos 2 y 3 como el muestreo dos (a los 106 dds) y el promedio de los muestreos 4 y 5 como el muestreo tres (a los 126 dds). Desde luego aquí se supuso que hay una relación lineal entre las variables y los dds. De esta manera se tomaron en cuenta tres muestreos, pero con sus cuatro repeticiones cada uno.

Para todos las variables se hicieron análisis de varianza (ANAVA) y pruebas de comparación de medias (Tukey) por tratamiento dentro de cada muestreo.

5.4.3.3. Análisis de macronutrientes primarios (N, P y K).

Fue realizado el Laboratorio de Ecología del Departamento de Fitotecnia de La UACH de acuerdo con los métodos descritos por Allen *et al.* (1974) y Chapman y Pratt (1973).

Se efectuó usando las muestras de materia seca obtenidas para el análisis de crecimiento. Los análisis se llevaron a cabo en cuatro órganos de la planta: raíz, tallo, hoja (con peciolo) y racimo. Para reducir el número de muestras, ante la escasa disponibilidad de reactivos se juntaron las muestras de las diferentes repeticiones.

El análisis estadístico se realizó considerando el promedio de los muestreos 2 y 3 como el muestreo uno (a los 106 dds) y el promedio de los

muestreos 4 y 5 como el muestreo dos (a los 126 dds). De esta manera se tomaron en cuenta dos muestreos, con dos repeticiones cada uno. Esto puede realizarse considerando que la variación generada por los diferentes tiempos de muestreo es absorbida fundamentalmente por el bloqueo.

Para todos las variables se hicieron análisis de varianza (ANAVA) y pruebas de comparación de medias (Tukey) por tratamiento dentro de cada muestreo.

5.4.3.4. Análisis de cosecha

Se realizaron ocho cortes de frutos entre los 125 y los 177 dds considerándose las siguientes variables, dentro de cada corte:

- Peso total de frutos.
- Número de frutos chicos (< de 4 cm de diámetro ecuatorial).
- Número de frutos medianos (4 a 6 cm de diámetro ecuatorial).
- Número de frutos grandes (> de 6 cm de diámetro ecuatorial).
- Número total de frutos.

Se efectuó una comparación estadística entre tratamientos de las variables consideradas del total de los ocho cortes y de cada uno en particular.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de jitomate manejado con despuntes y altas densidades.

De acuerdo con los análisis de varianza (Cuadro 6.1.) se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos para las variables porcentaje de frutos amarrados, peso total de fruto y número de frutos medianos y número total de frutos.

Cuadro 6.1. Análisis de varianza para las variables obtenidas en el experimento con hormonas.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS						
	G.L.	PESO	GRANDE	MED.	CHICO	NoFRU.	%F AMAR.
Bloque	2	4521535.9*	160.38	449.21*	45.09	469.23	98.21
Tratam.	12	4929831.5**	88.36	757.05**	174.23	949.99**	186.5**
Error	24	1593939.8	51.13	98.54	83.10	189.61	48.75
C. V.		16.83	32.40	16.23	43.86	13.24	13.95

*Significativo ($\alpha=0.05$)

**Altamente significativo ($\alpha=0.01$)

La prueba de comparación de medias (Cuadro 6.2) muestra que solamente la aplicación de ácido naftalenacético a 200 ppm (tratamiento 13) disminuyó significativamente el porcentaje de frutos amarrados en relación al

testigo, el cual alcanzó el mayor valor numérico. También resultó estadísticamente inferior a los tratamientos 2, 4, 6, 7 y 9.

Cuadro 6.2. Comparación de medias de variables de fructificación y cosecha (Tukey $\alpha = 0.05$)

TRAT(mg.L ⁻¹)	PESO	GRANDE	MED.	CHICO	NoFRU.	%F AMAR.
TEST	6928.4 [†] a	18.36 a	59.06 a	14.33 a	91.76 a	41.13 ab
4-CPA 30	6543.6 a	17.96 a	55.13 ab	11.00 a	84.13 a	45.40 a
4-CPA 70	6077.5 ab	20.90 a	44.26 abc	6.26 a	71.40 ab	35.26 abc
2,4-D 6	6586.4 a	23.56 a	50.56 ab	6.76 a	80.86 a	35.90 abc
2,4-D 8	5869.4 ab	21.33 a	40.23 abc	12.83 a	74.40 ab	37.13 abc
AIB 80	5991.0 ab	12.56 a	59.20 a	20.76 a	92.56 a	41.43 ab
AIB 150	6442.3 ab	20.50 a	51.03 ab	15.66 a	87.20 a	37.66 abc
BA 7	5570.6 ab	10.50 a	59.06 a	22.06 a	91.56 a	44.56 a
BA 17	6102.0 ab	16.93 a	55.40 ab	18.70 a	91.03 a	37.93 abc
α -ANA 20	6297.1 ab	17.40 a	52.60 ab	2.80 a	92.83 a	31.70 abc
α -ANA 80	4265.7 ab	12.26 a	33.60 bc	23.73 a	69.56 ab	28.93 abc
ANA 100	4683.9 ab	17.03 a	27.30 c	19.70 a	64.06 ab	27.43 bc
ANA 200	3628.5 b	11.33 a	23.93 c	13.23 a	48.46 b	24.46 c
DMS	2903.6	16.46	22.83	20.96	31.68	16.52

[†]Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales.

El seguido tratamiento 13 también fue estadísticamente inferior en rendimiento de fruto con respecto al tratamiento 2.

Como se puede apreciar en el Cuadro 6.2, para todos los tratamientos, la mayoría de los frutos fueron de tamaño mediano, por lo que el rendimiento total dependió principalmente de éstos.

El número de frutos medianos resultó significativamente menor con la aplicación de ácido α -naftilacético a 80 ppm (tratamiento 11) y de ácido naftalenacético a 100 y 200 ppm (tratamientos 12 y 13), al resto de los tratamientos (exceptuando el 3 y el 5).

Los resultados no muestran un efecto diferencial bien marcado en cuanto al número, peso y tamaño de frutos al compararlos con el testigo, lo que está en desacuerdo con lo obtenido por Abad y Monteiro (1989), Bunger-Kibler y Bangerth (1982/83), Kagan-Zur *et al.* (1992), Monteiro (1983), Picken y Grimmett (1986), Satti y Oebker (1986), Schuable (1986), Rylski (1979a,b), Wittwer y Tubner (1956), quienes han encontrado resultados favorables en varios componentes de rendimiento al utilizar reguladores de crecimiento, sobre todo del tipo de las auxinas (utilizadas en la misma etapa fenológica), la diferencia puede radicar en que la mayoría de estos trabajos es que se han realizado bajo temperaturas invernales subóptimas; es decir, sin calefacción y con temperatura mínima media de 5 °C aproximadamente. Las temperaturas invernales mínimas en el presente trabajo estuvieron por encima de esos valores porque se usó calefacción, puesto que se estuvo trabajando en un invernadero cuyo producto tiene como destino la producción comercial.

Otro aspecto por el que tal vez el comportamiento no concordó con lo esperado es que debe haber respuestas diferenciales de las plantas a la

aplicación de auxinas de acuerdo con la variedad de que se trate y en el presente caso el híbrido 'Humaya' no se reporta en ninguno de los trabajos, por lo que se ignora el grado de respuesta que pueda tener a la aplicación de estos productos.

6.2. Evaluación preliminar del efecto del metanol sobre algunos aspectos fisiológicos y el rendimiento de jitomate

Las Figuras 6.1 a 6.5 muestran el comportamiento de los cuatro tratamientos para las variables resistencia estomática, transpiración, fotosíntesis bruta, fotosíntesis neta y respiración en el intervalo de las 6 mediciones realizadas con el IRGA (LI-6200 LI-COR, Nebraska, E.U.) (0, 1, 3, 10 y 30 días después de la aplicación de metanol).

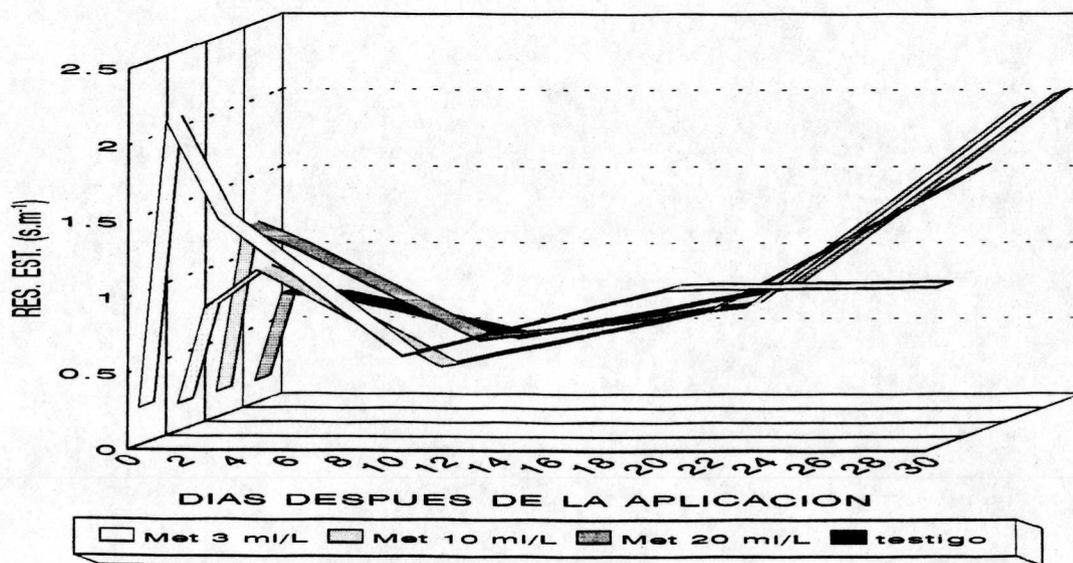


Figura 6.1.- Efecto del metanol sobre la resistencia estomática

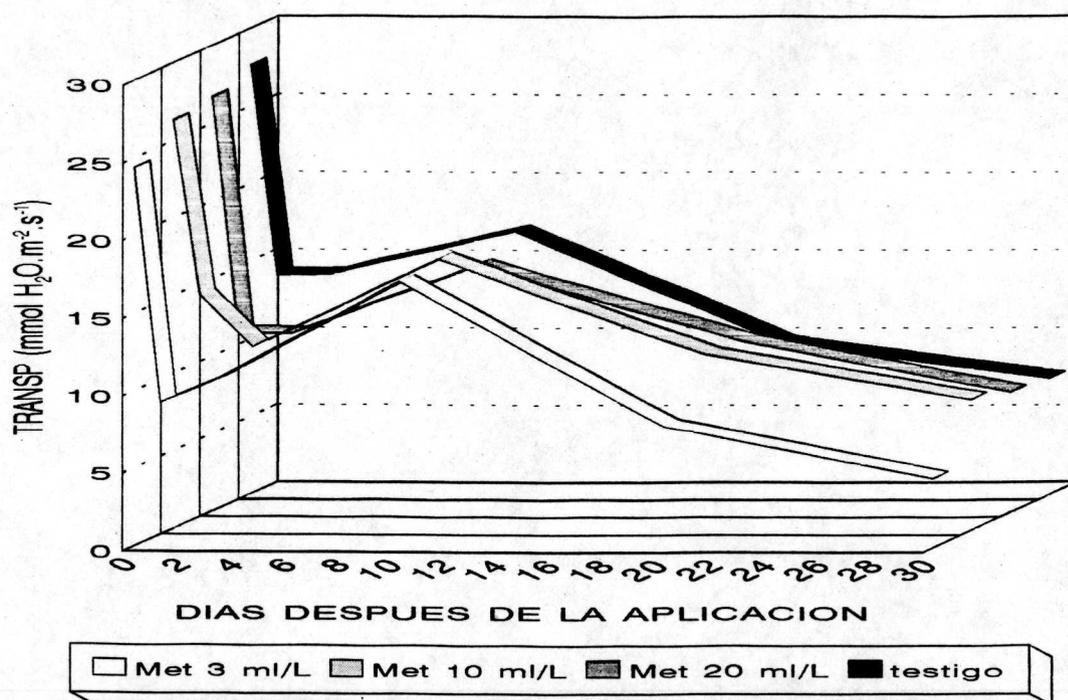


Figura 6.2.- Efecto del metanol sobre la transpiración

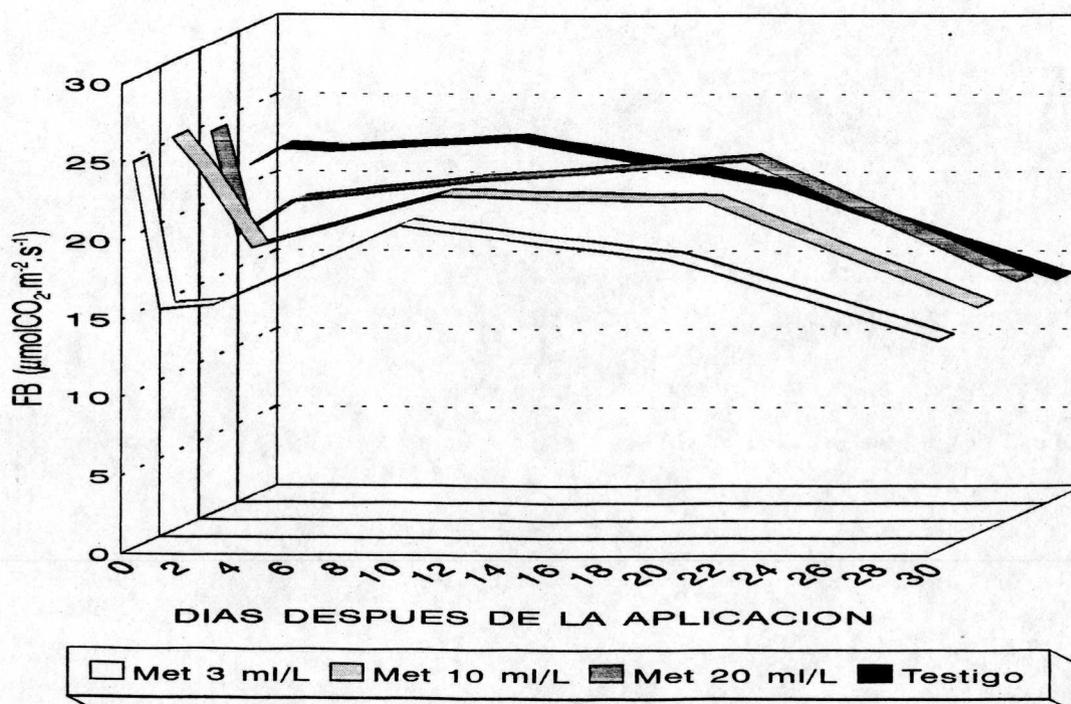


Figura 6.3.- Efecto del metanol sobre la fotosíntesis bruta.

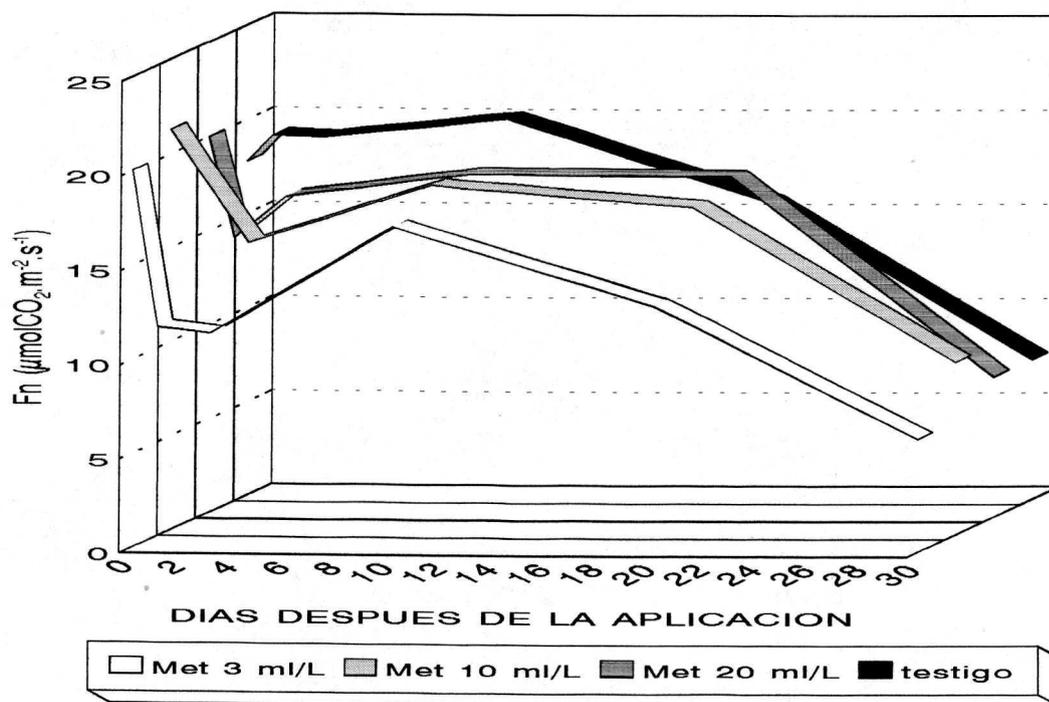


Figura 6.4.- Efecto del metanol sobre la fotosíntesis neta.

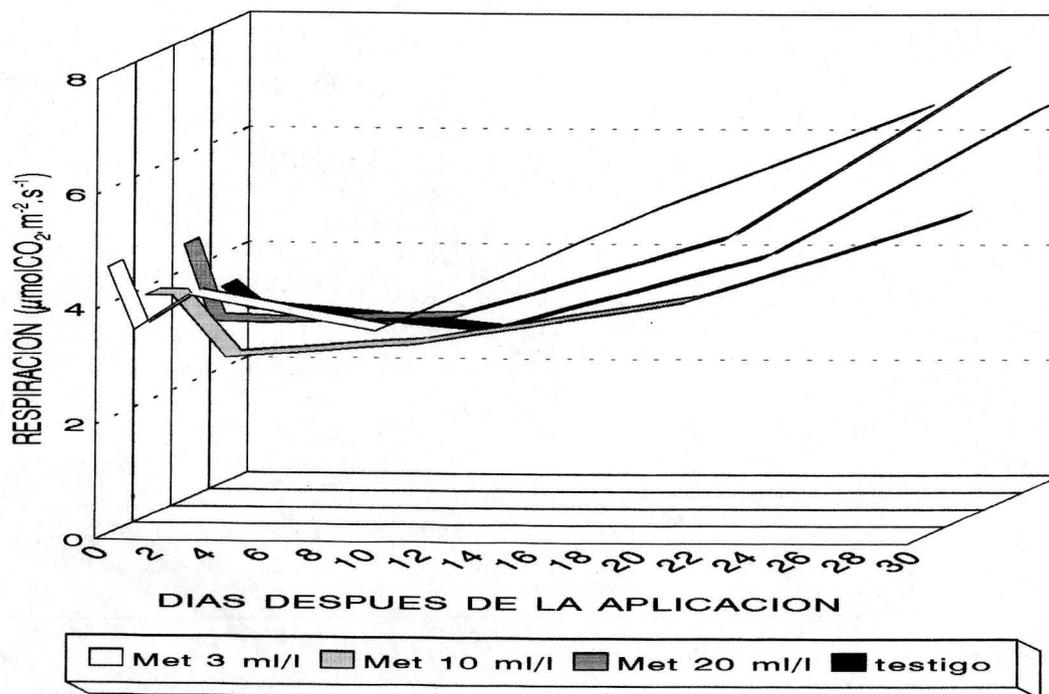


Figura 6.5.- Efecto del metanol sobre la respiración.

Tres días después de la aplicación del metanol se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables fotosíntesis neta, fotosíntesis bruta, respiración, transpiración y temperatura de la hoja según las pruebas de Duncan, la aplicación foliar de metanol a la concentración de 3 ml.L⁻¹ disminuyó significativamente la fotosíntesis bruta, la fotosíntesis neta y la transpiración e incrementó la respiración en relación al testigo. La temperatura de la hoja también fue más alta en dicho tratamiento pero no difirió estadísticamente del testigo, aunque si lo hizo del tratamiento de metanol a 20 ml.L⁻¹ (ver Figura 6.6). Aunque la resistencia estomática no difirió estadísticamente entre tratamientos sí fue mayor (más del doble) para la aplicación de metanol a 3 ml.L⁻¹ que para el testigo (1.492 contra 0.701 s.m⁻¹).

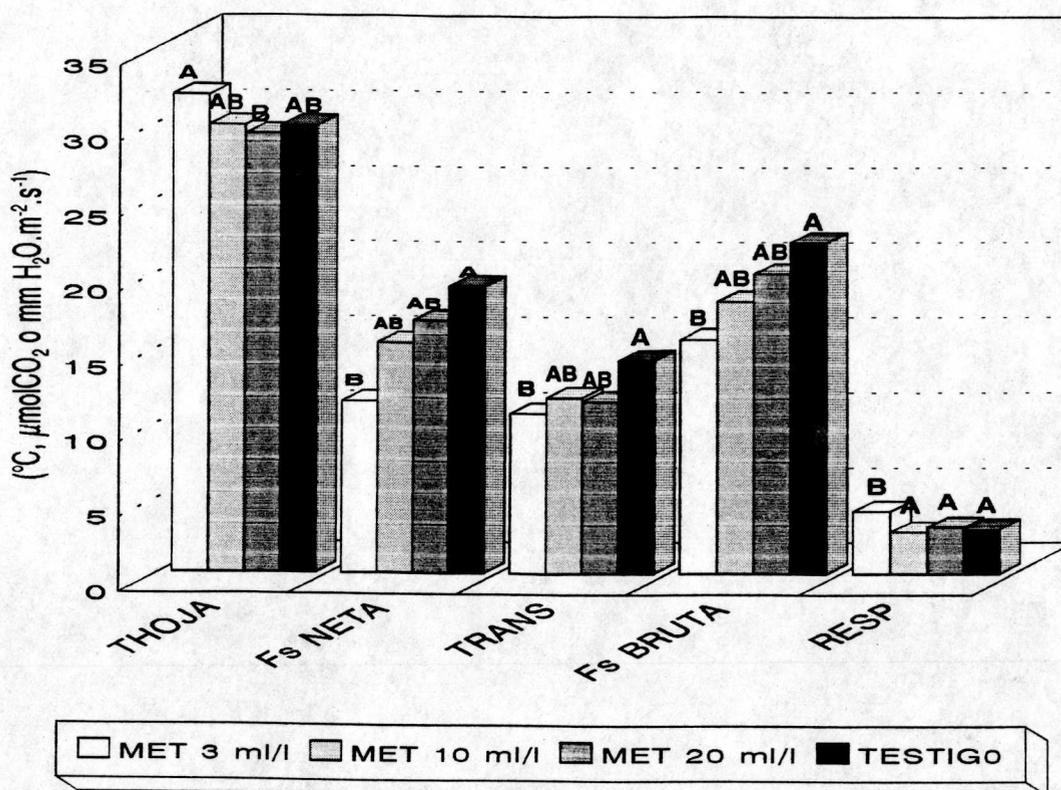


Figura 6.6.- Comparación de medias de fotosíntesis, respiración, transpiración y temperatura de la hoja 3 días después de la aplicación Para las dosis de metanol (Duncan $\alpha = 0.05$)

Este comportamiento probablemente se debió a que el metanol aplicado en concentraciones bajas (3 ml.L^{-1}), contrario a lo que se esperaba, provocó cierre de estomas, lo que incrementó la resistencia estomática haciendo disminuir la transpiración y la fotosíntesis. La mayor temperatura de la hoja, se debió a la disminución de la transpiración, y a ello se deben quizá las mayores tasas respiratorias encontradas en este tratamiento.

Al aumentar las concentraciones de metanol, ya no ocurrieron estas diferencias por lo que se puede pensar que para obtener los efectos señalados por Nonomura y Benson (1992) citados por Excélsior, 6 de noviembre de 1992, las concentraciones deben ser bastante más elevadas que las probadas en este ensayo. Lo que sucede a bajas concentraciones probablemente es muy diferente a lo que ocurre en dosis altas.

El análisis estadístico de las mediciones realizadas 20 días después de la aplicación de metanol muestran todavía una mayor tasa respiratoria y resistencia estomática (significativas ambas) para el tratamiento de 3 ml.L^{-1} , lo que indica que el efecto tuvo una duración considerable (ver Figura 6.7); sin embargo, la fotosíntesis y la transpiración tuvieron una recuperación importante desde los 10 días después de la aplicación. Veinte días después de la aplicación, la temperatura de la hoja, aunque alta, ya no alcanzó a ser significativa para este tratamiento, pero sí para la concentración de 10 ml.L^{-1} .

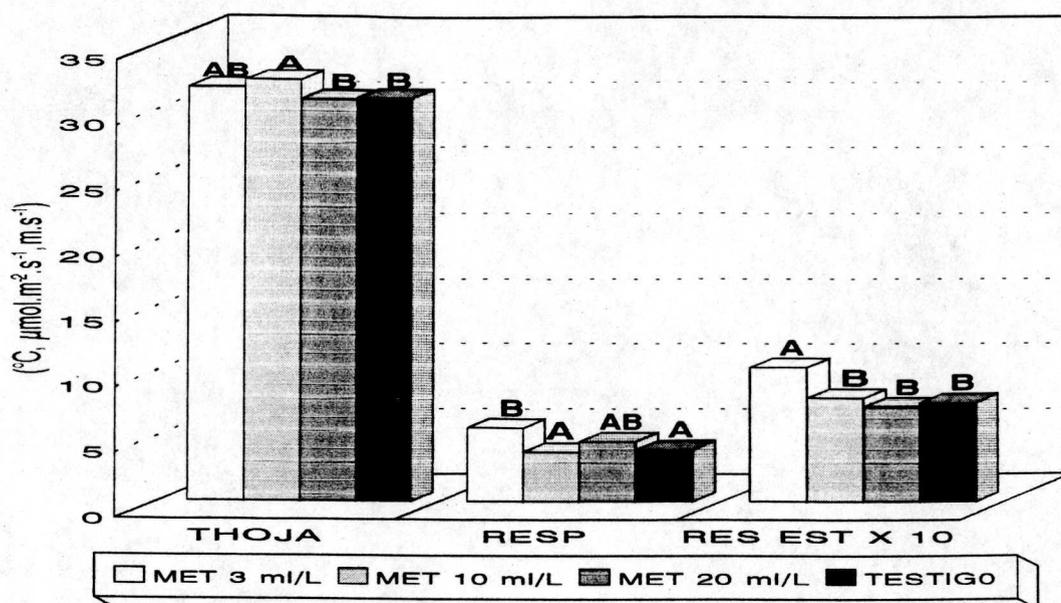


Figura 6.7.- Comparación de medias de respiración, resistencia estomática y temperatura de la hoja 20 días después de la aplicación para dosis de metanol (Duncan $\alpha = 0.05$).

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables de peso seco de raíz, tallo, hoja, peciolo, inflorescencia, fruto y total, ni para área foliar en ninguno de los tres muestreos realizados. Tampoco se encontraron para las tasas absolutas y relativas de crecimiento en relación a todos los componentes de peso seco, ni tampoco para la tasa de asimilación neta en los dos períodos considerados (Cuadros 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 y 10.5 del Apéndice 1).

Lo anterior parece indicar que las plantas asperjadas con soluciones de metanol a 3 ml.L^{-1} alcanzaron a recuperarse en un lapso de 14 días (entre el primer y segundo muestreo de peso seco) de la inhibición temporal que tuvieron en sus tasas de fotosíntesis y transpiración.

Las Figuras 10.1 a 10.8 del Apéndice 1 ilustran de manera gráfica el comportamiento para los cuatro tratamientos para cada una de las variables consideradas. Se incluyen cuadros de tasas absolutas de crecimiento (g.día^{-1}), tasas relativas de crecimiento ($\text{g.g}^{-1}.\text{día}^{-1}$) y tasas de asimilación neta ($\text{g.dm}^{-2}.\text{día}^{-1}$).

En cuanto al rendimiento total de fruto, medido en kg.m^{-2} , tampoco se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos (ver Figura 6.8). Sin embargo, las plantas asperjadas con la solución de metanol a 3 ml.L^{-1} mostraron tendencia a rendir menos y dieron estadísticamente un menor número de frutos que cualquiera de los demás tratamientos (ver Figura 6.9).

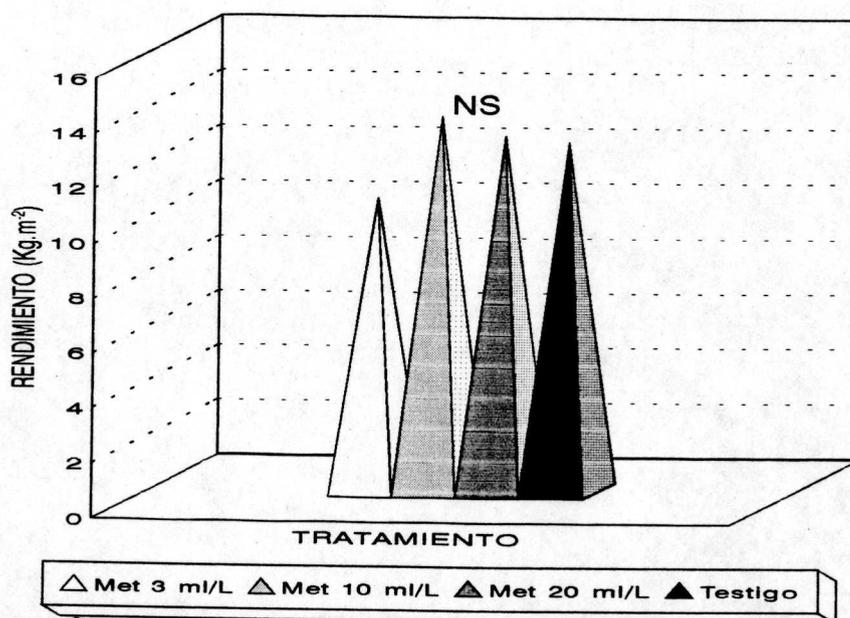


Figura 6.8.- Comparación de medias en el rendimiento por metro cuadrado de fruto (Duncan $\alpha = 0.05$).

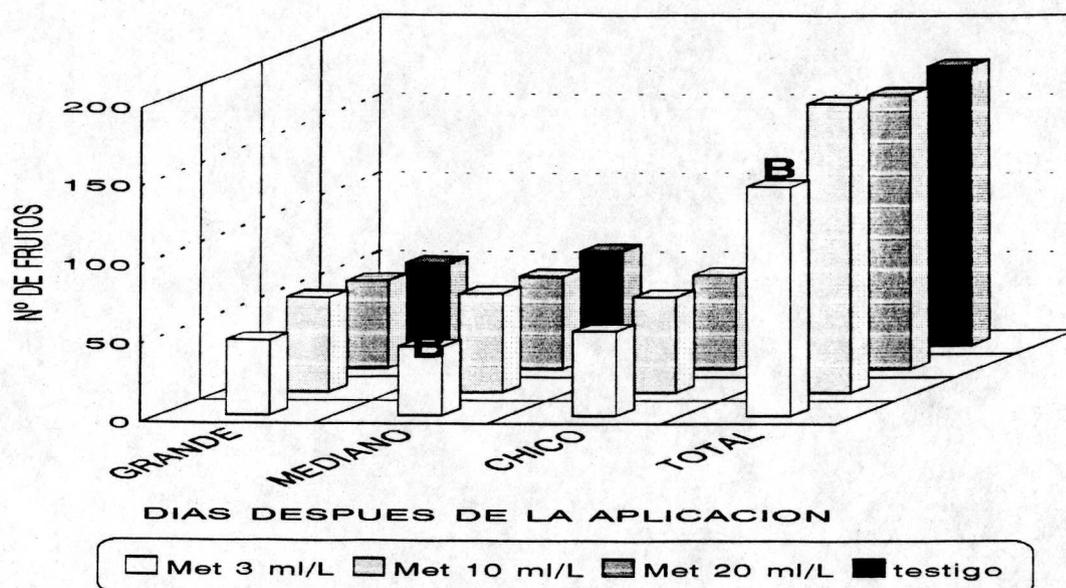


Figura 6.9.- Comparación de medias en tamaño y número de frutos (Duncan $\alpha = 0.05$).
(Los tratamientos con la letra B son estadísticamente diferentes a los demás tratamientos en la misma columna).

Esto podría deberse a que la aspersión de metanol a esa concentración afectó, quizá de manera indirecta (vía fotosíntesis y respiración) el proceso de floración y formación del fruto del segundo racimo que entonces se encontraba en antesis.

6.3. Efecto del metanol sobre algunos aspectos fisiológicos, nutrimentales y rendimiento de jitomate manejado con despuntes y altas densidades

6.3.1. Resultados

6.3.1.1. Estimación de los procesos fisiológicos fundamentales

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la primera y cuarta medición realizadas con el IRGA para las tasas de fotosíntesis neta, fotosíntesis bruta, transpiración, respiración y conductancia estomática (Cuadros 11.1 y 11.4 y Figuras 11.1 y 11.4 del Apéndice 2).

Sin embargo en el segundo muestreo, el análisis de varianza detectó significancia entre tratamientos para la tasa de transpiración. Al hacer la prueba de comparación de medias con el método de Tukey (Cuadro 6.3), se observó la mayor tasa de transpiración en la aplicación de metanol al 15 % mejorado (metanol 15 % + urea 5 gr.L⁻¹ + glicina 0.1 % + Fe EDTA 0.08 gr. L⁻¹) (tratamiento 3); no obstante, la prueba no detectó significancia. Por otro lado, la misma prueba de Tukey muestra que el mismo tratamiento presentó tendencias hacia una mayor intensidad en las tasas de fotosíntesis neta y fotosíntesis bruta durante ese período.

La ausencia de respuesta favorable en otros tratamientos y la cercanía a la significancia estadística ($\alpha = 0.05$) del tratamiento 3 están acordes con la

sugerencia de Nonomura y Benson (1992), en el sentido de que la solución de metanol mejorada es apropiada para producir efectos favorables en condiciones de intensidad luminosa intermedia (como las presentes dentro del invernadero) y que las de metanol sólo producen sus mejores efectos con intensidades luminosas altas (desierto de Arizona, EUA).

La desaparición de los efectos favorables que tuvo este tratamiento en mediciones posteriores, puede deberse a que a diferencia de lo realizado por Nonomura y Benson (1992), solo se efectuó una aplicación de dicha solución, mientras que ellos realizaron de tres a cuatro, dependiendo del cultivo, y en algunos como el algodón, se iniciaron dos horas después de la salida del sol y fueron complementados 4 horas previas a la puesta del mismo, espaciando las aplicaciones en intervalos de tiempo de una a dos semanas.

En algunos cultivos como jitomate, berenjena y fresa se realizaron tres aplicaciones a intervalos de una semana con el tratamiento de metanol mínimamente mejorado para aplicarse bajo condiciones de tiempo “nublado” (bajas intensidades luminosas).

Se considera que este comportamiento, más que a un efecto de tratamiento se debe a la alta temperatura registrada al momento de hacer la medición (Cuadro 6.3).

Cuadro 6.3.- Prueba de comparación de medias para las variables obtenidas con el IRGA en el experimento con metanol para el segundo muestreo.

TRAT	VARIABLE					
	TAIRE	FNETA	COND	TRAN	RESP	FBRUT
1	29.6 a [†]	17.5 a	1.2 a	9.2 a	4.0 a	21.6 a
2	29.8 a	14.3 a	0.7 a	9.6 a	3.3 a	17.6 a
3	30.7 a	21.4 a	1.2 a	15.9 a	3.8 a	25.2 a
4	29.7 a	12.2 a	0.7 a	10.1 a	3.0 a	15.3 a
5	30.6 a	17.0 a	0.8 a	11.2 a	2.5 a	19.5 a
DMS	1.16	10.89	1.05	6.75	2.49	10.54

[†]Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey ($\alpha=0.05$)

6.3.1.2. Análisis de crecimiento.

En ningún caso de las dos formas del análisis estadístico planteado en el capítulo de materiales y métodos se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables de peso seco de órganos, TAC, TRC o TAN consideradas en este apartado ni en los intervalos en que se midieron las tasas de crecimiento (consultar Cuadros 11.9 a 11.19 y Figuras 11.5 a 11.9 del Apéndice 2).

Los Cuadros de ANAVA, así como las Figuras que ilustran el crecimiento de los diferentes órganos (de acuerdo con la segunda forma de

análisis estadístico planteada en el capítulo de materiales y métodos) se incluyen en el Apéndice 2 (ver Cuadros 12.5 a 12.9 y Figuras 12.5 a 12.9)

6.3.1.3. Análisis de N, P y K

No se encontraron diferencias significativas al 5 % entre tratamientos para ambos muestreos en el porcentaje de los tres macronutrientes para ninguno de los órganos considerados (Cuadros 11.20 a 11.24 y Figuras 11.10 a 11.15 del Apéndice 2).

Sin embargo en el primer muestreo para la variable porcentaje de nitrógeno en la hoja, el ANAVA indica diferencia entre tratamientos si se considera un nivel de significancia de 1 % de probabilidad (ver Cuadro 6.4). En el Cuadro de comparación de medias (Cuadro 6.5), el testigo aparece con el mayor porcentaje de nitrógeno, el cual se ve numéricamente disminuido en los tratamientos de metanol, lo que concuerda con lo reportado por Nonomura y Benson (1992), quienes señalan que las aplicaciones normales de metanol (sin adicionar otros nutrientes para elaborar lo que ellos denominan “solución mínimamente mejorada”) provocan deficiencias visuales de nitrógeno en las hojas de diversas especies de plantas de cultivo, tales como jitomate, algodón, lechuga, berenjena, fresa, etc.

Cuadro 6.4.- Análisis de varianza para el porcentaje de nitrógeno en el primer muestreo del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS				
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	FRUTO
Bloques	1	0.00	0.00	0.00	0.00
Trats.	4	0.08	0.03	0.14*	0.40
Error.	4	0.12	0.04	0.03	0.01
C.V.		20.43	11.08	6.21	15.78

* Significativo ($\alpha=0.1$)

Cuadro 6.5.- Prueba de comparación de medias para el porcentaje de nitrógeno en el primer muestreo.

TRAT	NITROGENO (% EN BASE A M. S.)			
	RAIZ	TALLO	HOJA	FRUTO
1	1.641 a [†]	1.80 a	3.21 a	2.47 a
2	1.51 a	1.92 a	2.54 a	2.70 a
3	2.03 a	1.96 a	2.98 a	3.44 a
4	1.92 a	1.66 a	3.12 a	2.49 a
5	1.71 a	1.68 a	2.79 a	2.30 a
DMS	1.60	0.88	1.80	1.88

[†]Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey ($\alpha=0.05$)

6.3.1.4. Análisis de cosecha

Ni para el total de la cosecha, ni dentro de cada corte, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables de rendimiento (Figuras 6.10 y 6.11), y de tamaños de fruto así como del número total de los mismos (Cuadros 11.25 a 11.33 del Apéndice 2).

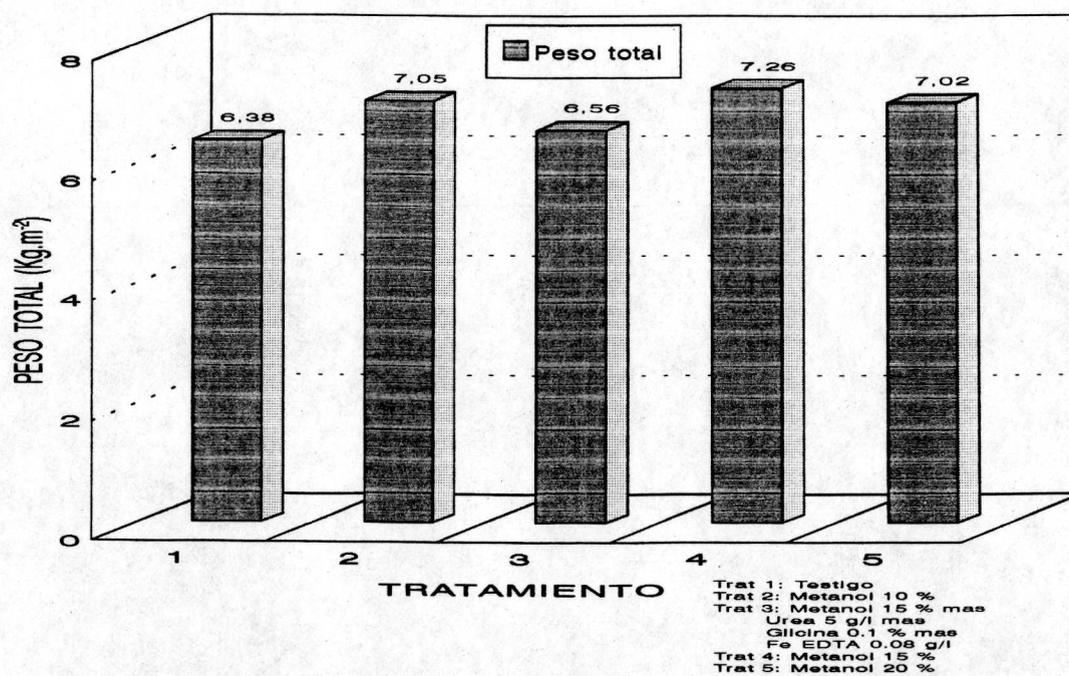
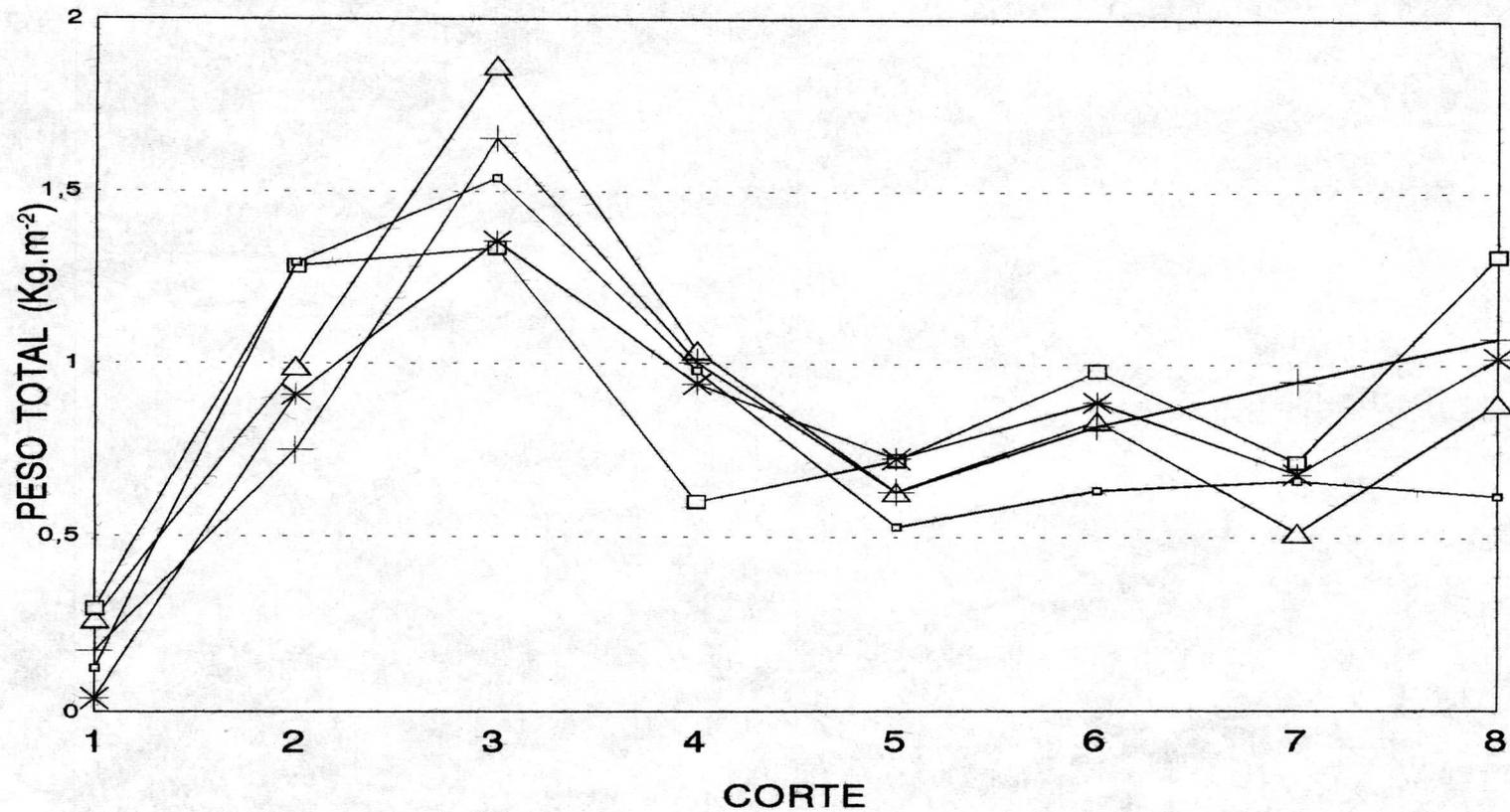


Figura 6.10.- Peso total de la cosecha de jitomate en el segundo experimento con metanol.



□ Trat. 1 + Trat. 2 * Trat. 3 ◻ Trat. 4 △ Trat. 5

Trat 1: Testigo
 Trat 2: Metanol 10 %
 Trat 3: Metanol 15 % mas
 Urea 5 g/l mas
 Glicina 0.1 % mas
 Fe EDTA 0.08 g/l
 Trat 4: Metanol 15 %
 Trat 5: Metanol 20 %

Figura 6.11.- Peso total de frutos por corte en el segundo experimento con metanol.

Los resultados de rendimiento por corte ponen de manifiesto que las aplicaciones de metanol no tuvieron efecto sobre la precocidad de la cosecha.

6.3.2. Discusión

Según Nonomura y Benson (1992), e interpretaciones del mismo artículo por Light (1993) quien entrevistó al mismo Nonomura, las aplicaciones de metanol afectan los procesos de fotosíntesis y fotorrespiración.

El metanol, dentro de la planta es convertido rápidamente en CO_2 o en azúcar. El CO_2 extra favorece la función carboxilasa e inhibe la función oxidasa de la enzima ribulosa, 1-5, bisfosfato, carboxilasa oxidasa (RUBISCO), aumentando la eficiencia fotosintética, sobre todo en condiciones de alta temperatura y luminosidad, pues se disminuye la tasa de fotorrespiración. Los azúcares incrementan temporalmente la turgencia de las células guardas de los estomas favoreciendo su apertura y una mayor entrada de CO_2 , además la planta dispone de más compuestos carbonados para la incorporación del nitrógeno en la síntesis de aminoácidos y proteínas estimulando mayores tasas de crecimiento vegetal

La ausencia de efectos del metanol sobre los procesos fisiológicos, crecimiento, nutrición y componentes de rendimiento de plantas de jitomate pudo ser consecuencia de uno o más de los siguientes aspectos.

a) Disponibilidad diferente de nitrógeno.- Según Nonomura y Benson (1992), la metabolización de metanol proporciona a la planta esqueletos carbonados (azúcares) que sirven de base para la incorporación de nitrógeno en aminoácidos. Sin embargo, si el abastecimiento de nitrógeno a la raíz es a base de nitratos, se requiere de mucho poder reductor, ya sea del NADH o NADPH y del siroheme de la ferredoxina, para reducirse a amonio, pues para convertir nitrato a amonio se deben adicionar 8 electrones por molécula (Bidwell, 1983) y entonces, la velocidad del proceso de formación de aminoácidos y proteínas podría estar limitada por la velocidad con que se forman los compuestos reductores (no se aprovechan de manera eficiente los esqueletos carbonados "extras"). En cambio, si la fuente de abastecimiento de nitrógeno es a base de amonio, ya no se requeriría ese poder reductor y habiendo esqueletos carbonados, la incorporación a la construcción de aminoácidos y proteínas sería más eficiente.

Considerando la discrepancia de los resultados obtenidos en este trabajo en relación a lo reportado por Nonomura y Benson (1992), existe la posibilidad de que la ausencia de respuesta a la aplicación de metanol se haya debido a que se usó como fuente exclusiva de nitrógeno al nitrato de calcio; aunque cabe señalar que en el artículo de los mencionados autores no se indica la fuente de nitrógeno aplicada al suelo.

En función de lo anterior, parece interesante el realizar experimentos con aplicaciones de metanol contrastando tratamientos de fertilización de nitrógeno a partir de nitrato y amonio.

b) No inclusión de surfactante en las aplicaciones.- Otra posible explicación de la ausencia de respuesta a las aplicaciones es que en el presente trabajo, a diferencia del de Nonomura y Benson (1992), no se incluyó en las fórmulas algún surfactante que facilitara la penetración del metanol en las hojas (error involuntario), por lo que lo absorbido pudo ser menor a lo necesario para que los efectos se hicieran evidentes.

c) Temperaturas moderadas.- Se sabe que la tasa de fotorrespiración aumenta grandemente con altas temperaturas (Bidwell, 1983; Furbank, 1984). Durante y después de las aplicaciones de metanol, las temperaturas máximas prevaecientes en el invernadero rara vez sobrepasaron los 32 °C, por lo que se considera que las tasas de fotorrespiración no eran muy altas (aún en el testigo). Por lo tanto, si el metanol tuvo algún efecto inhibitorio sobre el mencionado proceso, éste no se reflejó en aumentos significativos sobre variables relacionadas como: TAC, TRC, TAN (ver Cuadros 11.10 a 11.19) o aumentos de peso seco. Las condiciones en que Nonomura y Benson (1992) realizaron la mayoría de sus ensayos (altas temperaturas y luminosidades), como ellos mismos lo señalan, eran propicias para una alta tasa fotorrespiratoria, por lo que si el metanol, en realidad, tiene un efecto inhibitorio sobre este proceso, el efecto sobre las tasas de crecimiento se hace evidente.

Es posible que en el trabajo realizado, se hayan conjuntado los tres elementos anteriormente discutidos para que no se manifestaran efectos significativos por la aplicación de metanol.

XII. CONCLUSIONES.

1.- La aplicación foliar de metanol a los 80 días después de la siembra en dosis bajas (3 ml.L^{-1}), contrario a lo esperado, disminuyó las tasas de fotosíntesis neta, fotosíntesis bruta y transpiración e incrementó respiración en el corto plazo (tres días después de la aplicación), efecto que desapareció en mediciones posteriores.

2.- La aspersion foliar de metanol a la concentración de 3 ml.L^{-1} , disminuyó el número de frutos cosechados sin que se llegara a afectar significativamente el rendimiento con respecto al testigo.

3.- La aplicación foliar de metanol al 15 % mejorado con urea (5 gr.L^{-1}), glicina (0.1 %) y fierro EDTA (0.08 gr.L^{-1}) incrementó temporalmente, pero de manera significativa, la tasa de transpiración de plantas de jitomate cv. 'Humaya' en relación al testigo, correlativamente hubo una tendencia a aumentar las tasas de fotosíntesis neta y fotosíntesis bruta en dicho tratamiento.

4.- La aplicación foliar de metanol a plantas de jitomate cv. 'Humaya' no influyó sobre el número y peso de frutos ni sobre el tamaño de los mismos y tuvo rendimientos estadísticamente iguales al testigo.

5.- En ninguno de los dos experimentos donde se aplicó metanol foliarmente, se encontraron efectos significativos sobre las tasas absolutas y relativas de crecimiento de los diferentes órganos de las plantas en fechas posteriores a la aplicación. Tampoco se encontraron incrementos en las tasas de asimilación neta.

6.- La aplicación de metanol a los 94 días después de la siembra en dosis de 10 a 20 % no tuvo efecto significativo sobre el contenido de macronutrientes primarios (N, P, y K) en ninguno de los órganos de la planta considerados.

7.- La aplicación foliar de ácido naftalenacético a 200 mg.L^{-1} disminuyó significativamente el rendimiento con respecto al testigo, debido principalmente a una fuerte reducción en el porcentaje de frutos amarrados en relación a dicho testigo.

8.- En el experimento realizado con hormonas, no se lograron incrementos en el porcentaje de frutos amarrados ni en el peso y tamaño final de los mismos.

XIII. RECOMENDACIONES.

1.- Probar los reguladores de crecimiento, del tipo de las auxinas, en distintas variedades, sobre todo comerciales o de bajo costo a fin de encontrar alguna(s) promisorio(s) para el paquete tecnológico aquí planteado.

2.- Hacer las pruebas de dichos reguladores bajo condiciones controladas de temperatura, empleando una cámara para controlarla, con plantas establecidas en maceta, manejándolas a una sola inflorescencia.

3.- Volver a probar en los mismos rangos de concentración la aplicación foliar de metanol y emplear en la nutrición de las plantas , como fuentes de nitrógeno, a la urea y el amonio.

4.- Incluir en las preparaciones de las soluciones a aplicar de metanol algún surfactante a fin de lograr mejor penetración del producto.

5.- Realizar por lo menos 2 a 3 aplicaciones de metanol diluido y continuamente cuantificar los mismos efectos que aquí se hicieron.

6.- Probar el efecto del metanol sobre condiciones ambientales más drásticas (alta temperatura y luminosidad intensa).

IX. LITERATURA CITADA

- ABAD, M. and GUARDIOLA, J. L.** 1986. Fruit set and development in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown under protected cultivations during the cool season in the south-eastern coast region of Spain. The response to exogenous growth regulators. *Acta Hort.* 191: 123-132.
- ABAD, M. and MONTEIRO, A. A.** 1989. The use of the auxins for the production of greenhouse tomatoes in mild-winter. conditions: A review. *Sci. Hort.* 38: 167-192.
- ACHBOLD, D. D.; DENNIS, F., G.; FLORE, J. A.** 1982. Accumulation of ¹⁴C-Labelled material from foliar-applied ¹⁴C sucrose by tomato ovaries during fruit set and initial development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(1): 19-23
- ADAMS, M. W.** 1982. Plant development and crop productivity. *In* Rechcil, M. (editor). CRC handbook of agricultural productivity. Vol. 1: 151-183.
- ALLEN, S. E.; GRIMSHAW, H. M.; PARKINSON, J. A.; QUARMBY, C.** 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell scientific publications. Oxford, London, Endinburgh, Melbourne. pp 184-192.
- ATHERTON, J.G. and RUDIC, J.** 1986 The tomato crop, A scientific basis for improvement. Chapman and Hall. New York. 661 p.
- BANGERTH, F. and HO, L.** 1984. Fruit position and fruit set sequence in a truss as factors determining final size of tomato fruits. *Ann. Bot.* 53: 315-319.
- BIDWELL, R. G. S.** 1983. Fisiología Vegetal. AGT editor. México.
- BUNGER-KIBLER, S. and BANGERTH, F.** 1982/83. relationship between cell size and fruit size of seeded fruits of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), and those induced parthenocarpically by the

application of plant growth regulators. *Plant Growth Regulation* 1(3): 143-154.

- CALVERT, A.** 1969. Studies on the post-initiation development of flower buds of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Hort. Sci.* 44: 117-126
- CANCINO B., J.; SANCHEZ DEL C, F. y ESPINOSA R., P.** 1990. Efecto del despunte y densidad de población en dos variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponia bajo invernadero. *Revista Chapingo.* 73-74: 26-30.
- CARAVEO LOPEZ, F. DE J.** 1994. Relaciones nutrimentales en el cultivo hidropónico de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) empleando el polvo de bonote de coco como sustrato. Tesis Maestría en ciencias. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- CATALA, M .S.; NUEZ, J.; NUEZ, F.** 1990. Tomato fruit set under low temperatures. *Acta Hort.* 287:171-180.
- CHARLES, W. B. and HARRIS, R. E.** 1972 Tomato fruit-set at high and low temperatures. *Can.. J. Pl. Sci.* 1: 13-16.
- CHAPMAN, H. O.; PRATT, P. F.** 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Edit. Trillas. México. pp 102-137
- COLEMAN, W. K. and GREYSON, R. Y.** 1976. The growth and development of the leaf in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) II. Leaf Ontogeny. *Can. J. Bot.* 54: 2704-2717.
- CONSEJO NACIONAL AGROPECUARIO, DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS ECONOMICOS.** 1990. Estadísticas Básicas del Sector Agropecuario. México.
- CONTRERAS M., E.** 1991. Ensayo preliminar del comportamiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.), frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) en acolchados y microtúneles. Tesis profesional. Dpto. de Fitotecnia, UACh. Chapingo, México.

- CORELLA, P.; CUARTERO, J.; NUEZ, F.; BAGUENA, M.** 1986. Development time of parthenocarpic tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits chemically and genetically induced. *J. Hort. Sci.* 61(1): 103-108.
- COOPER, A.J. and HURD, R.G.** 1968. The influence of cultural factors on arrested development of the first inflorescence of grasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 43: 243-248.
- CUARTERO, J. COSTA, J.; NUEZ, F.** 1987 Problems of determining parthenocarpy in tomato plants. *Sci. Hort.* 32: 9-15.
- DIELMAN, J. A. and HEUVELINK, E.** 1992. Factors affecting the number of leaves preceding the first inflorescence in the tomato. *J. Hort. Sci.* 67(1): 1-10.
- DINAR, M. and RUDICH, J.** 1985. Effect of heat stress on assimilate partitioning in tomato. *Ann. Bot.* 56: 239-248.
- DOUGLAS, J. M.** 1976. Advanced guide to hydroponics (soilless cultivation). Drake Publishing, Inc. New York. 333 p.
- EXCELSIOR.** 6 de noviembre de 1992. Iniculado rendimiento de plantas de cultivo raciadas con alcohol diluido. Carol Kaesuk Yoon (reportero).
- FAO, 1990.** Soilless Culture for horticultural crop production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia.
- FERNANDEZ-MUÑOZ, R. and CUARTERO, J.** 1991. Effects of temperature and irradiance on stigma exertion, ovule viability and embryo development in tomato. *J. Hort. Sci.* 66(4): 395-401.
- FISHER, K. J.** 1975. Effect of the amount and position of leaf tissue on the yield of single-truss tomatoes. *Sci. Hort.* 3: 303-308.
- FLOQUER, F.** 1979. El tomate. Estudio de la planta y su producción. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.

- FURBANK, R. T.** 1984. Photoreduction of oxygen in higher plants: mechanisms and physiological functions. *What's New in Plant Physiology* 15: 33-36.
- GOSTINCHAR, D. J.** 1973 (director). *Reguladores del crecimiento*. Oikos-tau, S.A. Editores. Barcelona, España. 245 p.
- GRAY, D.; STECKEL, J. R. A.; WARD, J. A.** 1980. A comparison of methods of growing tomato transplants. *Sci. Hort.* 12: 125-133.
- GUENKOV, G.** 1974. *Fundamentos de la Horticultura Cubana*. Instituto Cubano del libro. La Habana, Cuba.
- GUERN, M.** 1973. Diversos aspectos de la idea de regulador del crecimiento. *In Reguladores del crecimiento*. Dir. Juan Gostinchar. *Tratados de especialización agrícola*. Edit. oikos-tau, S.A.. Barcelona, España. pp 13-29.
- HEUVELINK, E.** 1989. Influence of the day and night temperature on the growth of young tomato plants. *Sci. Hort.* 38: 11-22.
- HO, L. C.** 1978. The regulation of carbon balance of mature tomato leaves. *Ann. Bot.* 42: 155-164.
- HO, L. C.** 1984 Partitioning of assimilates in fruiting tomato plants. *Plant Growth regulators*. 2: 277-285.
- HURD, R. G. and GRAVES, C. J.** 1985. Some effects of air and root temperatures of the yield and quality of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 60(3): 359-371.
- IÑIGUEZ G., A.** 1991. El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), aspectos relevantes para su cultivo en México. Tesis Profesional. Dpto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, México.
- KAGAN-ZUR, V.; LIVNE, D. and MIZRAHI, Y.** 1992. Analysis of effects of auxin on fruit size of tetraploid and diploid tomato fruits. *J. Hort. Sci.* 67(6) 917-825.

- KEPCKA, A. K.** 1966. The use of auxin sprays or artificial pollination in order to improve fruit setting of tomatoes grown under glass. *Acta Hort.* 4: 55-52.
- KINET, J.M.** 1977a. Effect of light conditions on the development of the inflorescence in tomato. *Sci. Hort.* 6: 15-26.
- KINET, J.M.** 1977b. Effect of defoliation and grow substances on the development on the inflorescence in tomato *Sci. Hort.* 6: 27-35
- LIGHT, N.** 1993. El metanol permite que los productores administren la luz, nueva tecnología eleva rendimientos y calidad en climas cálidos y secos. *Productores de hortalizas Año 2 No. 3* 28-29.
- LINDER, R. C. and HARLEY, C. P.** 1942. A rapid method for the determination of nitrogen in plant tissues. *Science.* 96, 565.
- LINDER, R. C.** 1994. Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Pl. Physiol.* pp. 19, 76.
- MAROTO B., J.V.** 1986. *Horticultura herbácea especial.* Edit Mundi-prensa. Madrid, España.
- McAVOY, R. J. and JANES, H. W.** 1989. Tomato plant Photosynthetic activity as related to canopy age and tomato development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(3): 478-482.
- MONSELISE, S. P.; VARGA, A.; BRUINSMA, J.** 1978. Growth analysis of the tomato fruit *Lycopersicon esculentum* Mill. *Ann. Bot.* 42: 1245-1247.
- MONTEIRO, A. A.** 1983. Tomato fruit growth in relation to methods of improving fruit-setting. *Acta Hort.* 137: 307-314.
- MONTEIRO, A. A.** 1986 The effect of auxin, gibberellin and vibrator on greenhouse tomatoes fruit setting and yield in mild winter climatic conditions. *Acta Hort.* 176: 159-166.

- MONTEIRO, A. A. and PORTAS, C. M.** 1986. Mild winter concept and cropping systems in Solanacea protected cultivation. *Acta Hort.* 191: 21-34.
- MOUSA, A. G. and DOSS, M.** 1986. Tomato production under unfavorable conditions. *Acta Hort.* 190: 451-454
- MURNEEK, A. E.; WITTWER, S. H.; HEMPHILL, D. D.** 1944. Supplementary "hormone" sprays for greenhouse-grown tomatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 45: 371-381.
- NERSON, H.; PARIS, S. H.; AZAIZEH, M.** 1984. Effects of Chlorflurenol on fruit set and yield of greenhouse cucumbers. *Acta Hort.* 156: 61-67.
- NONOMURA, A. M. and BENSON A. A.** 1992. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 89:9794-9798.
- NOTHMANN, J.; RYLSKY, Y.; SPIGELMAN, M.** 1983. Interaction between floral morphology position in cluster and 2, 4-d trataments in three eggplant cultivars. *Sci. Hort.* 20: 35-44.
- NOURAI, A.H.A. and HARRIS, G.P.** 1983. Effects of growth retardants on inflorescence development in tomato. *Sci. Hort.* 20: 341-348.
- PEARCY, R. W.; EHLERINGER, J.; MOONEY, H.A.; RUNDEL, P. W. (Editores).** 1989. *Plant Physiological Ecology. Field method and instrumentation.* Chapman and Hall. pp. 185-207.
- PICKEN, A. J. F.** 1984. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Hort. Sci.* 59: 1-13.
- PICKEN, A. J. F. and GRIMMETT, M.** 1986. The effects of two fruit setting agents on the yield and quality of tomato fruit in glasshouses in winter. *J. Hort. Sci.* 61(2): 243-250.
- PICKEN, A. J. F.; STEWARD, K.; KLAPWIJK, D.** 1986. Germination and vegetative development. *In* The tomato crop. Atherton, J. G. and

- Rudich, J. (editores) Chapman and Hall. Londres, Inglaterra. pp 110-166.
- RESH, H. M.** 1992. Cultivos hidropónicos. Tercera edición Ediciones Mundiprensa. Madrid, España.
- RODRIGUEZ, R. R.; TABARES, R. y MEDINA J., S.,** 1984. Cultivo moderno del tomate. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España.
- RYLSKI, I.** 1979a. Effect of temperatures and growth regulators on fruit malformation in tomato. *Sci. Hort.* 10: 27-35.
- RYLSKI, I.** 1979b. Fruit set and development of seeded and seedless tomato fruit under diverse regimes of temperature and pollination. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104(6): 835-838.
- RYLSKI, I.** 1986. Disorders in flower and fruit development in tomatoes at low temperatures and different levels of shading. *Acta Hort.* 587-?.
- RYLSKI, I. and ALONE, B.** 1990. Partenocarpic fruit set and development in Cucurbitaceae and Solanaceae under protected cultivation in mild winter climate. *Acta Hort.* 287: 117-126.
- SANCHEZ DEL C., F.** 1991. Sistemas especiales para la producción de hortalizas y flores. Dpto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, México.
- SANCHEZ DEL C., F.** 1994. Relaciones entre fuente y demanda en jitomate manejado con despuntes y altas densidades de población. Tesis Maestría en Ciencias. Centro de Genética, Colegio de Posgraduados. Montecillos, México.
- SANCHEZ DEL C., F. y CRONA S., T.** 1991. Evaluación del comportamiento de cuatro variedades de jitomate bajo un sistema hidropónico de producción a base de despuntes y altas densidades de población. (reporte de Investigación). Dpto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, México.
- SANCHEZ DEL C., F. y ESCALANTE R., E. R.** (1989). Hidroponia: un sistema de producción (tercera edición). UACH. Chapingo, México.

- SANCHEZ DEL C., F.; ESPINOSA ROBLES, P y ESCALANTE R., E. R.** 1991. Producción superintensiva de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponia bajo invernadero. Avances de investigación. Revista Chapingo. 78: 62-68.
- SANCHEZ DEL C., F.; ESPINOSA ROBLES, P. y HERNANDEZ RIVAS, E.** (1986). Producción superintensiva de jitomate en hidroponia bajo condiciones de invernadero rústico (línea de investigación). Dpto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, México
- SARH,** 1993. Anuario Estadístico de Producción. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F.
- SATTI, S. M. E. and OEBKER, N. F.** (1986). Effects of benzyladenine and giberellin (GA 4/7) on flowering and fruit set of tomato under high temperature. Acta Hort. 190.
- SAWHNEY, V. K.** 1983 The role of temperature and its relationship with gibberellic acid in the development of floral organs of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Can. J. Bot. 61: 1258-1265.
- SAWHNEY, V. K. and POLOWICK, P. L.** 1985. Fruit development in tomato: the role of temperatura. Can. J. Bot. 63: 1031-1034.
- SCHUABLE, W. W.** (1986). Possible aplication of growth regulators in tomato production. Acta Hort. 190: 309-314.
- SERRANO C., Z.** 1994. Construcción de invernaderos. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España.
- VAN DE VOOREN, J.; WELLS, G.W.H. y HAYMAN, G.** 1986. Glasshouse crop production. In The tomato crop. Atherton, J.G. and Rudich, J. (editores) Chapman and Hall. Londres, Inglaterra. pp 582-624.
- VILLARREAL, R.,** 1982. Tomates. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

WITTWER, S. H and HONMA, S. 1979. Greenhouse tomatoes, lettuce and cucumbers. Michigan State University Press. USA.

WITTWER, S. H. And TUBNER, F.G. 1956. New practices for increasing the fruit crop of green-house grown tomatoes. Michigan State University, Department of Horticulture. E.U.A.

ZIMMERMAN, P. W. and HITCHCOCH, A. E. 1944 Substances effective for increasing fruit set and inducing seedless tomatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 45: 353-361.

X. APENDICE 1

(Cuadros y figuras referentes al experimento 6.1.)

Cuadro 10.1.- Análisis de varianza para el primer muestreo de peso seco en el primer experimento con metanol.

F.V	CUADRADOS MEDIOS								
	GL	RAIZ	TALLO	HOJA	PECIO	INFLOR	FRUTO	TOTAL	A. FOL.
Bloque	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tratam.	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Error	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C. V.		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

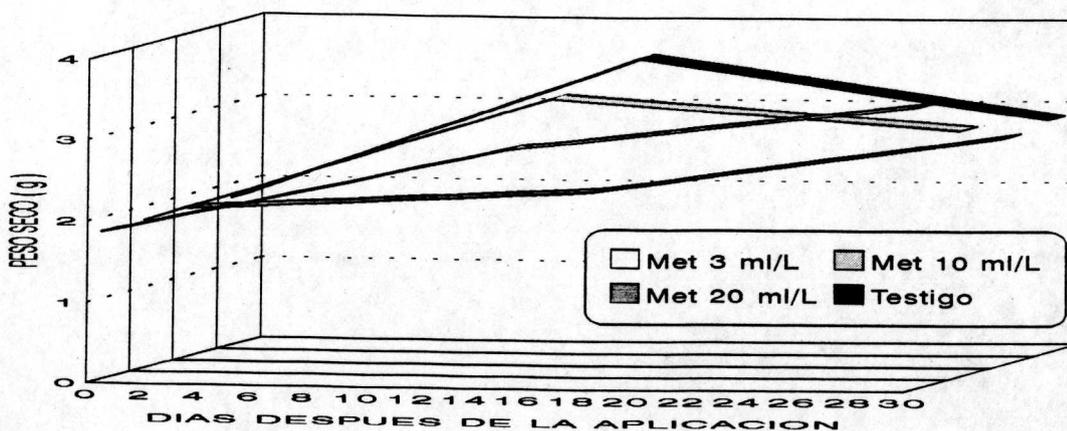
Nota: En el primer muestreo, se determinó un peso seco uniforme como base y a partir de que se aplicaron los tratamientos, se consideró la variación en el mismo y es la causa del comportamiento de los datos.

Cuadro 10.2.- Análisis de varianza para el segundo muestreo de peso seco en el primer experimento con metanol.

F.V	CUADRADOS MEDIOS								
	GL	RAIZ	TALLO	HOJA	PECIO	INFLOR	FRUTO	TOTAL	A. FOL.
Bloque	2	162	7.07	4.53	1.67	0.31	14.53	224.93	1616176.3
Tratam.	3	133	0.18	12.11	0.67	0.26	7.12	57.00	141685.41
Error	6	0.85	1.82	10.10	0.77	0.11	19.18	46.72	452641.78
C. V.		30.76	37.47	31.94	34.01	22.26	60.12	24.50	32.57

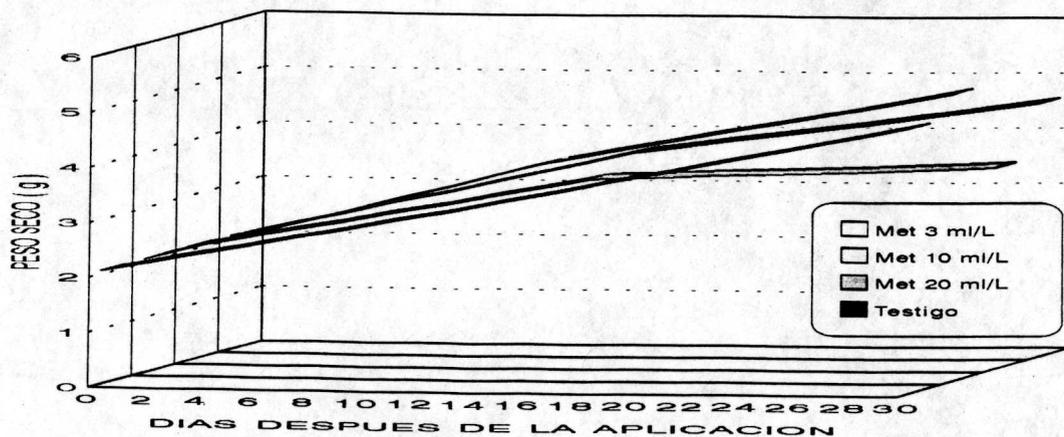
Cuadro 10.3.- Análisis de varianza para el tercer muestreo de peso seco en el primer experimento con metanol.

F.V	CUADRADOS MEDIOS								
	G.L	RAIZ	TALLO	HOJA	PECIO.	INFLOR	FRUTO	TOTAL	A. FOL.
Bloque	2	0.82	3.04	46.81*	0.98	0.42	7.26	183.47	1115902.7
Tratam.	3	0.27	1.33	14.36	0.58	1.06	7.60	86.84	409073.86
Error	6	0.41	1.30	8.50	19.15	0.42	17.74	72.86	315301.5
C. V.		21.26	24.91	21.07	0.36	33.14	41.46	23.24	26.67



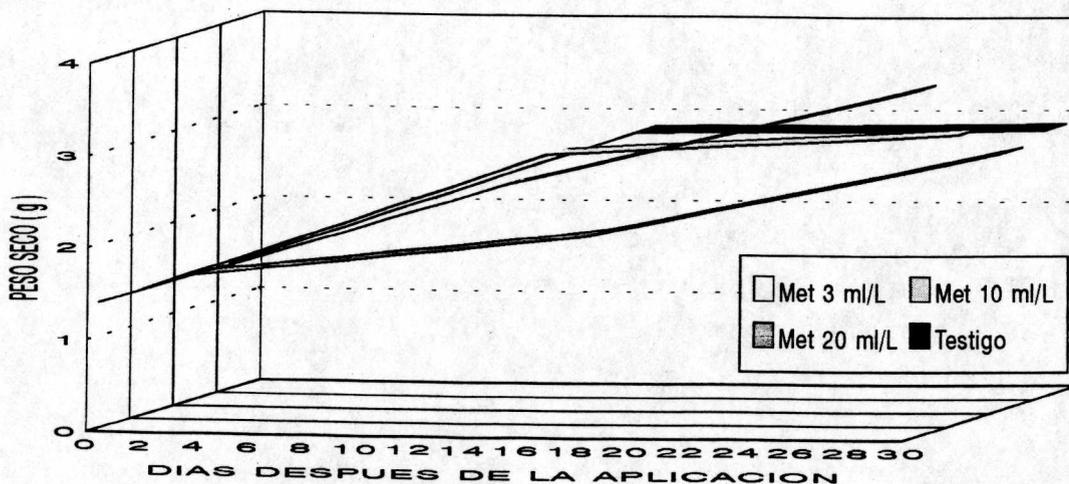
INDICE	MET 3 ml/L	MET 10 ml/L	MET 20 ml/L	TESTIGO
TAC1	0.085	0.121	0.021	0.136
TAC2	0.034	-0.023	0.043	-0.046
TRC1	0.036	0.048	0.011	0.052
TRC2	0.011	-0.007	0.018	-0.014

Figura 10.1.- Efecto del metanol sobre peso seco de raíz.



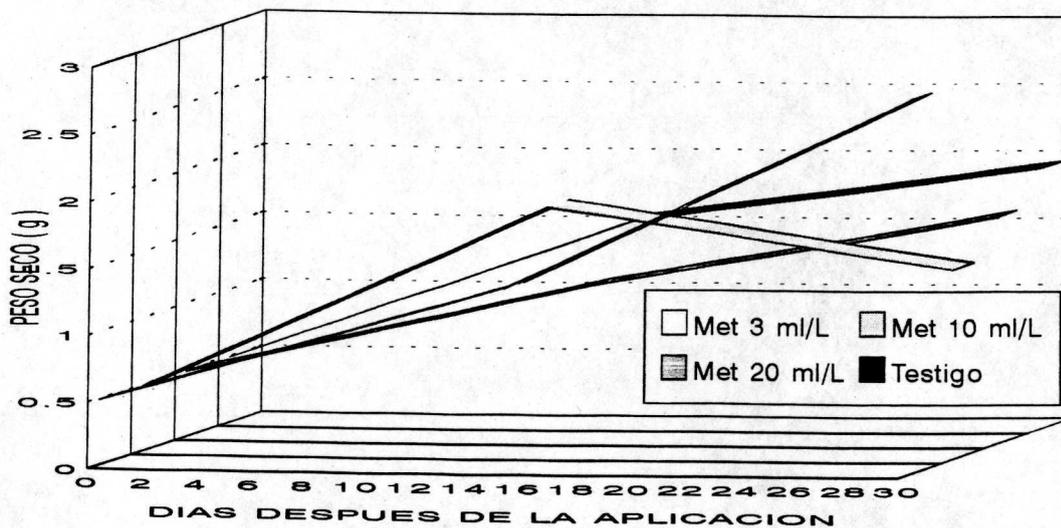
INDICE	MET 3 ml/L	MET 10 ml/L	MET 20 ml/L	TESTIGO
TAC1	0.105	0.143	0.102	0.123
TAC2	0.087	0.081	0.016	0.059
TRC1	0.039	0.049	0.038	0.044
TRC2	0.021	0.018	0.005	0.014

Figura 10.2.- Efecto del metanol sobre peso seco de tallo.



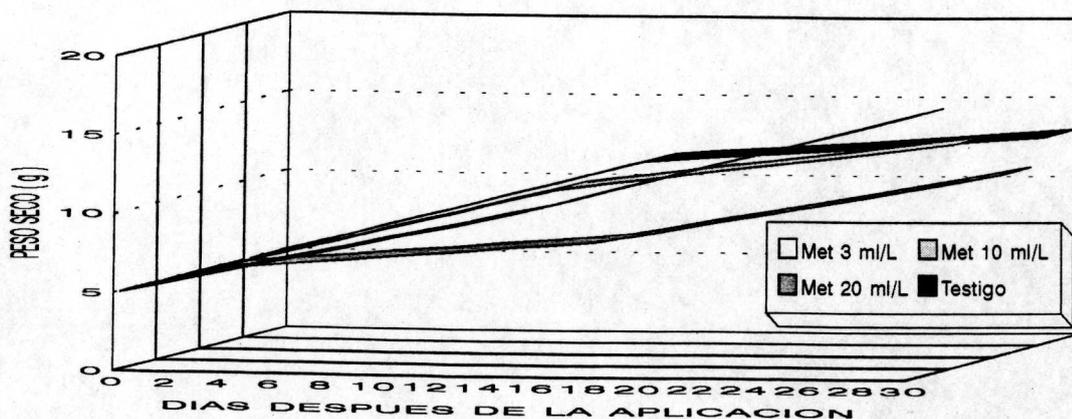
INDICE	MET 3 ml/L	MET 10 ml/L	MET 20 ml/L	TESTIGO
TAC1	0.103	0.118	0.038	0.114
TAC2	0.066	0.015	0.057	0.003
TRC1	0.052	0.058	0.024	0.056
TRC2	0.021	0.005	0.025	0.001

Figura 10.3.- Efecto del metanol sobre peso seco de peciolo.



INDICE	MET 3 ml/L	MET 10 ml/L	MET 20 ml/L	TESTIGO
TAC1	0.068	0.106	0.052	0.082
TAC2	0.089	-0.028	0.034	0.025
TRC1	0.079	0.103	0.067	0.089
TRC2	0.045	-0.017	0.024	0.014

Figura 10.4.- Efecto del metanol sobre peso seco de inflorescencia.



INDICE	MET 3 ml/L	MET 10 ml/L	MET 20 ml/L	TESTIGO
TAC1	0.405	0.472	0.159	0.497
TAC2	0.402	0.192	0.276	0.103
TRC1	0.055	0.062	0.027	0.064
TRC2	0.030	0.015	0.031	0.008

Figura 10.5.- Efecto del metanol sobre peso seco de hoja.

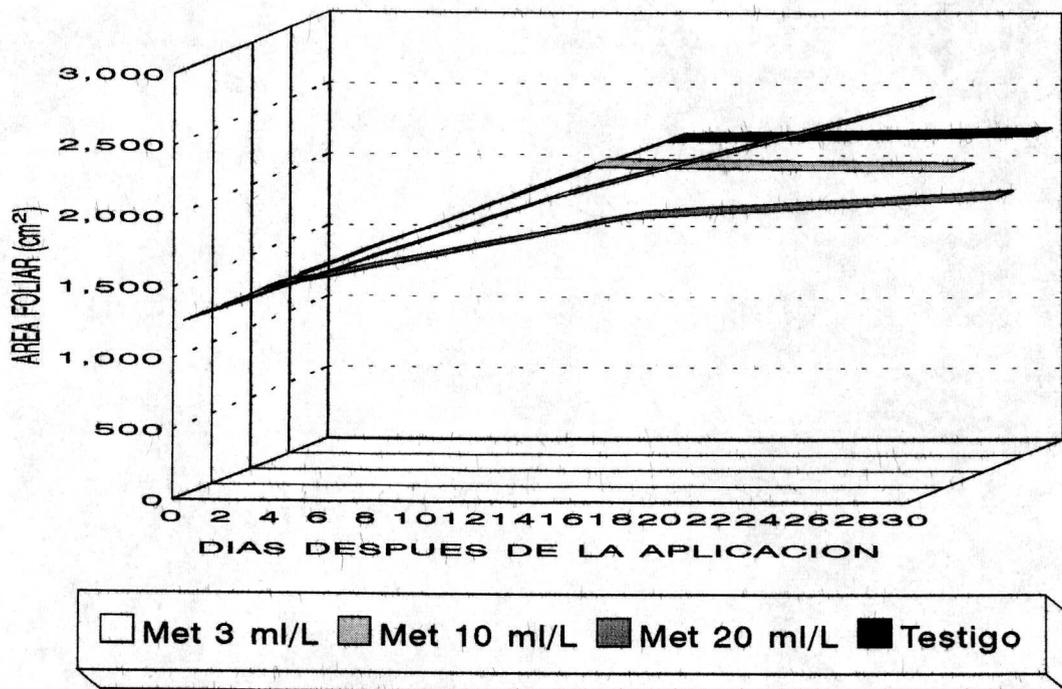
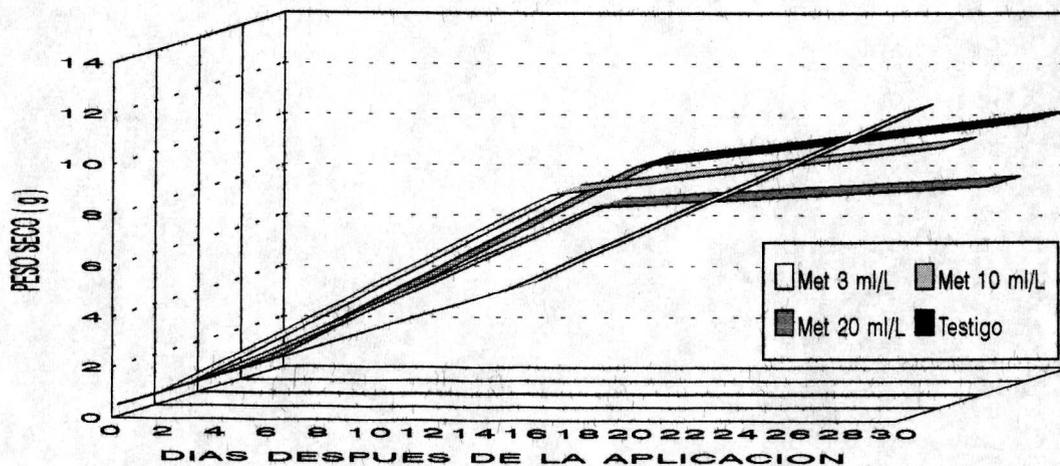
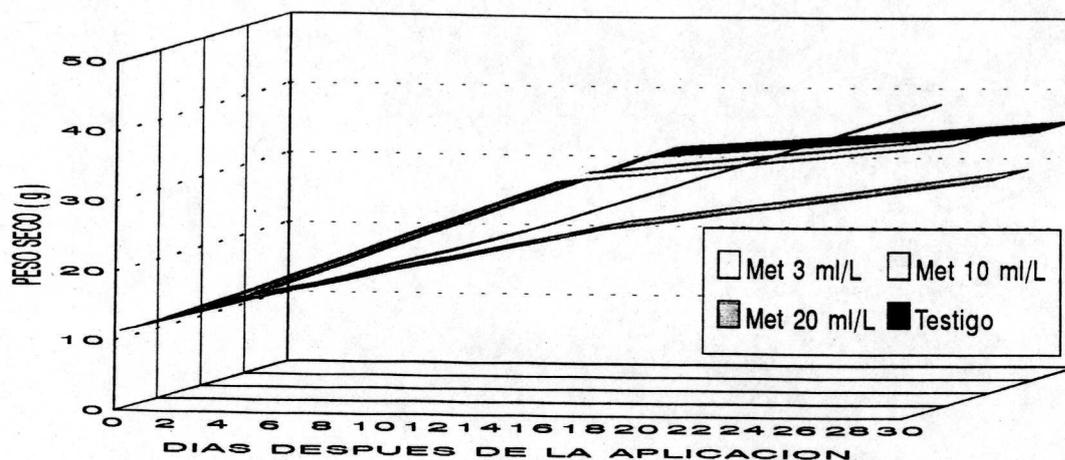


Figura 10.6.- Efecto del metanol sobre area foliar.



INDICE	MET 3 ml/L	MET 10 ml/L	MET 20 ml/L	TESTIGO
TAC1	0.358	0.605	0.526	0.613
TAC2	0.435	0.119	0.055	0.110
TRC1	0.187	0.224	0.214	0.225
TRC2	0.054	0.013	0.007	0.012

10.7.- Efecto del metanol sobre peso seco de fruto.



INDICE	MET 3 ml/L	MET 10 ml/L	MET 20 ml/L	TESTIGO
TAC1	1.120	1.567	0.895	1.565
TAC2	1.116	0.355	0.484	0.253
TRC1	0.064	0.080	0.055	0.080
TRC2	0.033	0.010	0.018	0.008
TAN1	0.069	0.093	0.061	0.094
TAN2	0.046	0.016	0.027	0.012

Figura 10.8.- Efecto del metanol sobre peso seco total.

Cuadro 10.4.- Análisis de varianza para la tasa absoluta de crecimiento (TAC), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa de asimilación neta (TAN) en el peso seco total en los dos intervalos de muestreo del segundo experimento con metanol.

F. V.	CUADRADOS MEDIOS						
	INTERVALO 1 (entre 1o. y 2o. Mues.)				INTERVALO 2 (entre 2o. y 3er. Mues.)		
	GL.	TAC	TRC	TAN	TAC	TRC	TAN
Bloque	2	1.33	0.001*	0.002	0.11	0.0001	0.0005
Tratam.	3	0.33	0.0003	0.0008	0.45	0.0002	0.0005
Error	6	0.27	0.0002	0.0005	0.30	0.0002	0.0006
C. V.		40.86	24.87	31.20	112	83.33	90.12

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 10.5.- Prueba de comparación de medias para la TAC, TRC y TAN en el peso seco total en los dos intervalos de muestreo del segundo experimento con metanol.

TRAT.	INTERVALO 1 (entre 1o. y 2o. Mues.)			INTERVALO 2 (entre 2o. y 3er. Mues.)		
	TAC	TRC	TAN	TAC	TRC	TAN
1	1.12 a [†]	0.06 a	0.06 a	1.11 a	0.03 a	0.04 a
2	1.56 a	0.07 a	0.09 a	0.35 a	0.01 a	0.02 a
3	0.89 a	0.05 a	0.06 a	0.48 a	0.01 a	0.03 a
4	1.56 a	0.07 a	0.09 a	0.25 a	0.008 a	0.01 a

XI. APENDICE 2.

(Cuadros y figuras referentes al experimento 6.3.)

Cuadro 11.1.- Análisis de varianza para la primera medición tomada con el IRGA en el segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	FNETA	COND.	TRAN.	RESP.	FBRUT.
Bloque	3	450*	1.14*	12.88	2.9*	69.3*
Tratam.	4	11.71	0.14	13.30	1.30	14.61
Error	12	11.83	0.23	11.50	0.58	12.34
C. V.		23.12	35.20	17.48	14.85	17.55

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 11.2.- Análisis de varianza para la segunda medición tomada con el IRGA en el segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	FNETA	COND.	TRAN.	RESP.	FBRUT.
Bloque	3	5.05	1.67**	2.35	3.10	13.78
Tratam.	4	48.08	0.19	29.85*	151	57.63
Error	12	2336	0.22	8.99	1.22	21.88
C. V.		29.24	48.27	26.63	32.98	23.53

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

**Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

Cuadro 11.3.- Análisis de varianza para la tercera medición tomada con el IRGA en el segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	FNETA	COND.	TRAN.	RESP.	FBRUT.
Bloque	3	195.6	0.01	0.68	132.35	171.79
Tratam.	4	133.1	0.01	1.45	66.12	370.62
Error	12	93.69	0.01	2.43	83.11	215.52
C. V.		123.38	23.62	15.63	95.77	84.54

Cuadro 11.4.- Análisis de varianza para la cuarta medición tomada con el IRGA en el segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	FNETA	COND.	TRAN.	RESP.	FBRUT.
Bloque	3	91.83	0.01	8.62	3.04	94.78
Tratam.	4	32.63	0.007	3.77	6.61	49.85
Error	12	29.55	0.02	2.97	4.20	32.41
C. V.		65.34	36.31	20.04	50.68	46.03

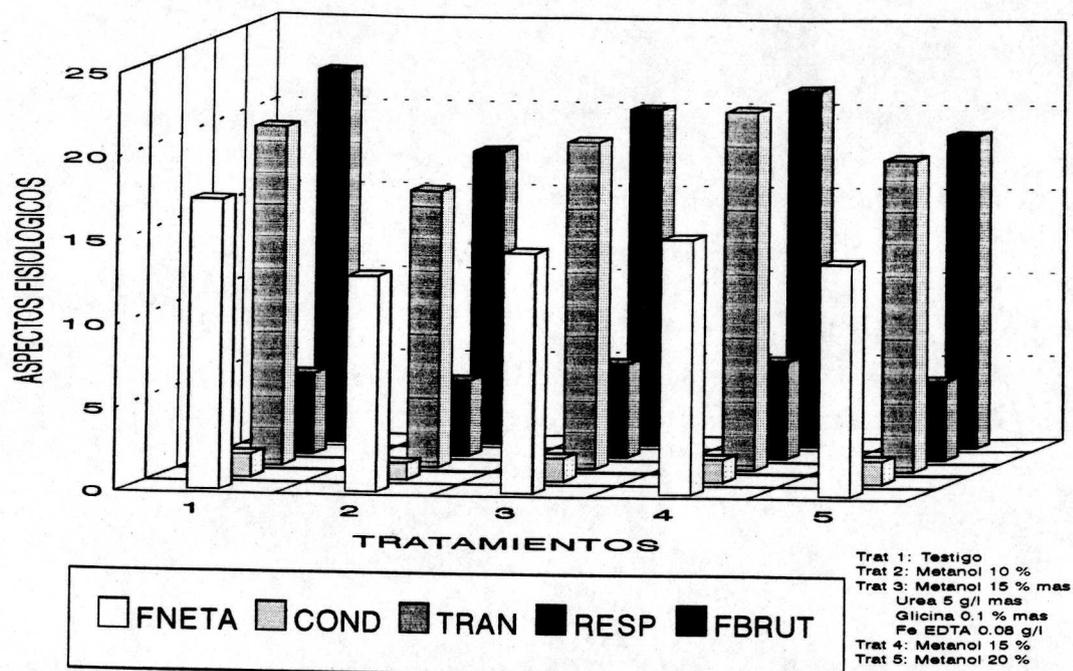


Figura 11.1.- Comportamiento de las variables tomadas con el IRGA en la primera medición en el segundo experimento con metanol.

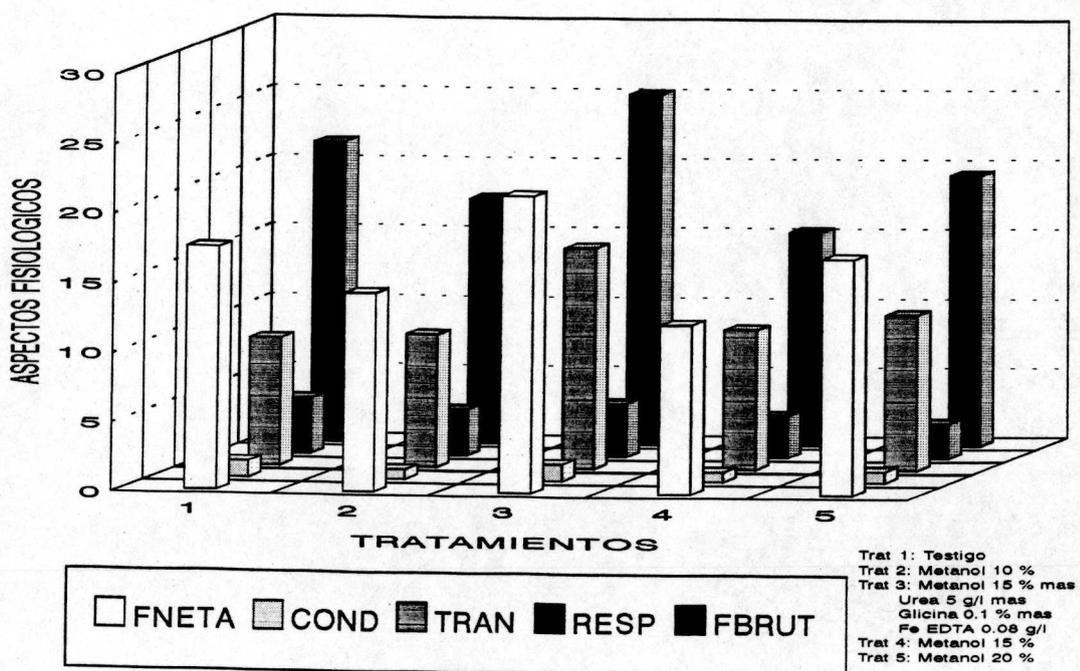


Figura 11.2.- Comportamiento de las variables tomadas con el IRGA en la segunda medición en el segundo experimento con metanol.

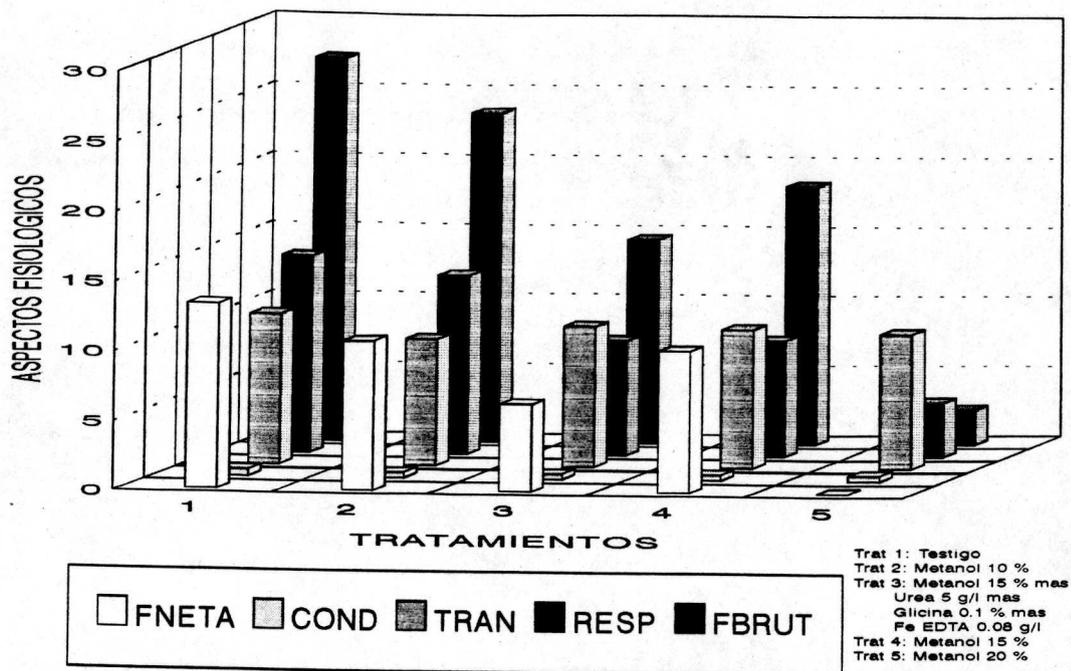


Figura 11.3.- Comportamiento de las variables tomadas con el IRGA en la tercera medición en el segundo experimento con metanol.

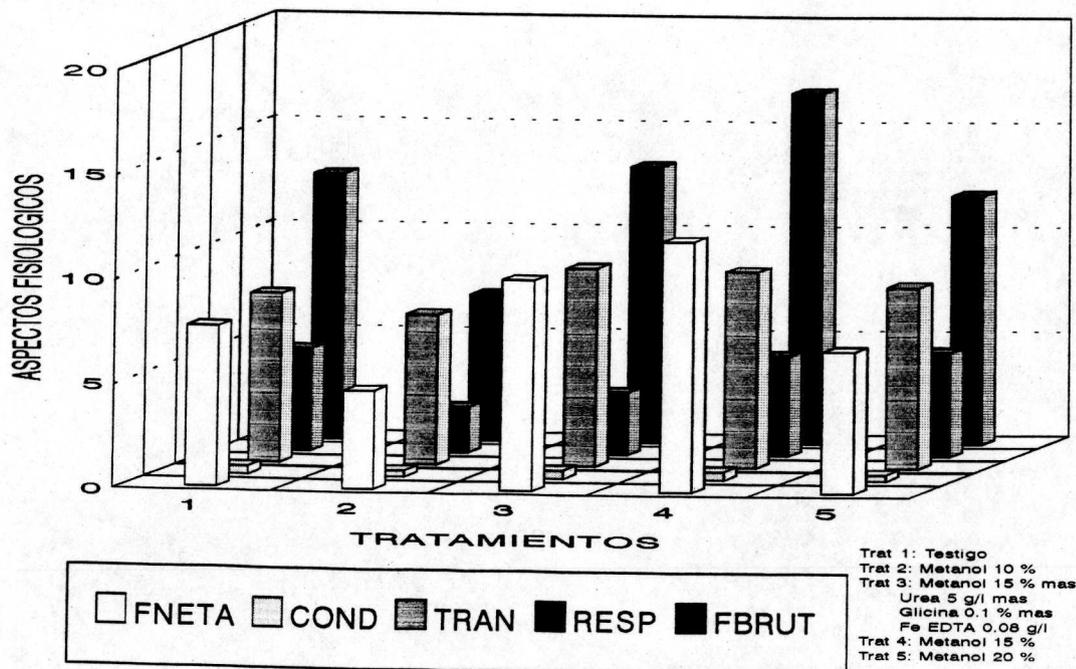


Figura 11.4.- Comportamiento de las variables tomadas con el IRGA en la cuarta medición en el segundo experimento con metanol.

Cuadro 11.5.- Análisis de varianza para el primer muestreo de peso seco en el segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS							
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLOR	RAQUIS	FRUTO	A. FOL.
Bloque	1	3.81	11.26	56.42	30.14	5.06	0.00	2305203.64
Tratam.	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Error	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C. V.		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota: En el primer muestreo, se determinó un peso seco uniforme como base y a partir de que se aplicaron los tratamientos, se consideró la variación en el mismo y es la causa del comportamiento de los datos.

Cuadro 11.6.- Análisis de varianza para el segundo muestreo de peso seco en el segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS							
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLOR	RAQUIS	FRUTO	A. FOL.
Bloque	1	0.49	0.54	20.30	1.19**	0.59	15.32	1075840.0
Tratam.	4	0.07	2.60	7.44	0.02	0.63	13.79	339710.71
Error	4	0.47	1.54	14.68	0.03	1.89	13.15	733376.18
C. V.		26.96	20.32	37.27	15.14	41.53	58.95	42.52

**Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

Cuadro 11.7.- Análisis de varianza para el tercer muestreo de peso seco en el segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS							
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLORES	RAQUIS	FRUTO	A. FOL.
Bloque	1	0.05	7.21	5.46	0.00	0.46	29.53	2160855.22
Tratam.	4	0.15	1.19	12.27	0.08**	1.10	6.02	2223098.15
Error	4	0.10	1.73	3.28	0.00	0.55	28.83	428321.48
C. V.		15.36	19.13	17.33	4.91	24.26	48.17	26.75

**Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

Cuadro 11.8.- Análisis de varianza para el cuarto muestreo de peso seco en el segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS							
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLORES	RAQUIS	FRUTO	A. FOL.
Bloque	1	4.21*	14.59	65.35**	2.69	5.73**	434.94**	19215072**
Tratam.	4	0.36	2.72	18.49*	0.21	1.20	18.69	261003.03
Error	4	0.21	4.91	2.40	0.09	0.26	7.76	46164.16
C. V.		16.67	24.00	10.05	15.39	11.70	13..58	9..45

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

**Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

Cuadro 11.9.- Análisis de varianza para el quinto muestreo de peso seco en el segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS							
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLOR	RAQUIS	FRUTO	A. FOL.
Bloque	1	0.74	19.03	54.21*	0.25	1.83	139.42	1553936.4*
Tratam.	4	0.20	4.80	38.24	0.50	2.12	188.40	823386.02*
Error	4	0.35	9.23	3.23	0.11	0.36	66.13	125861.27
C. V.		20.38	31.46	10.77	16.44	3.34	31.69	15.09

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

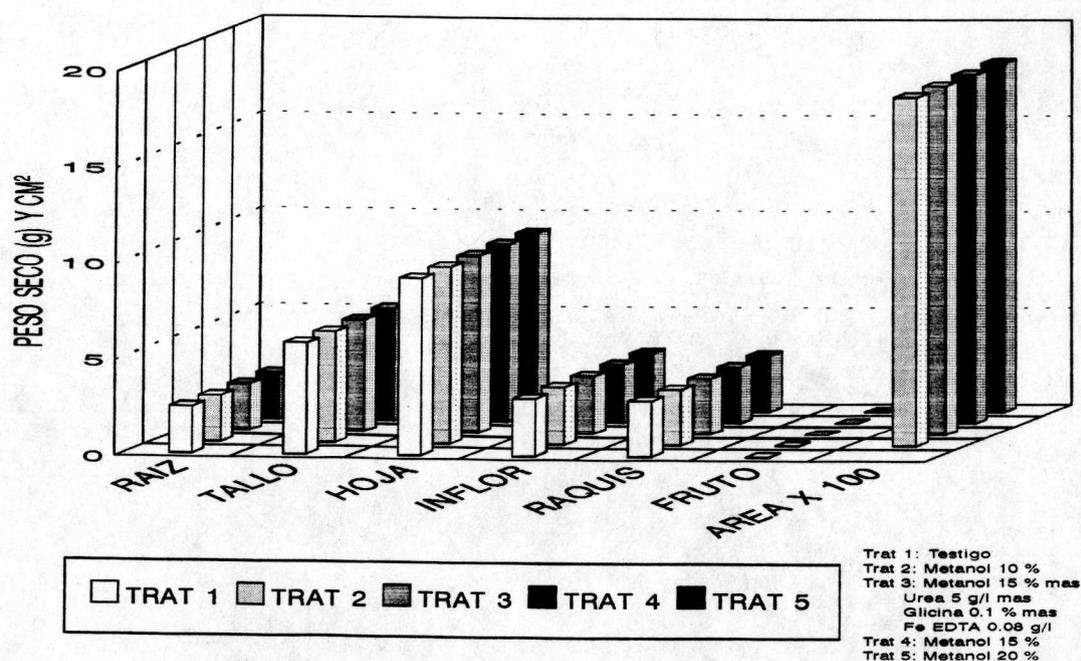


Figura 11.5.- Comportamiento de peso seco en el primer muestreo en el segundo experimento con metanol.

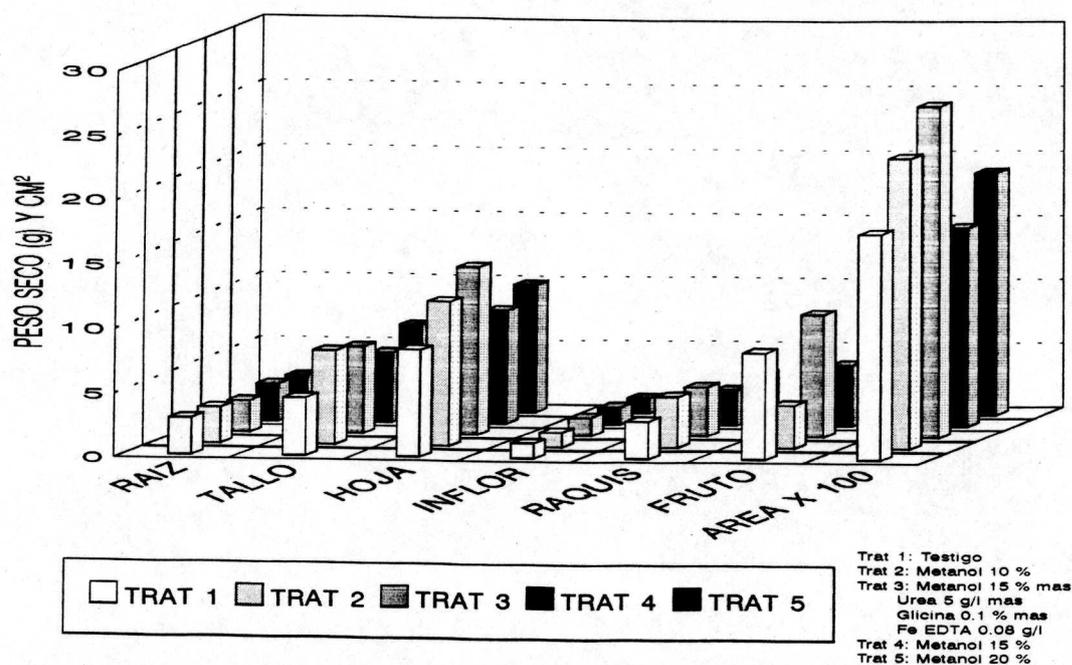


Figura 11.6.- Comportamiento de peso seco en el segundo muestreo en el segundo experimento con metanol.

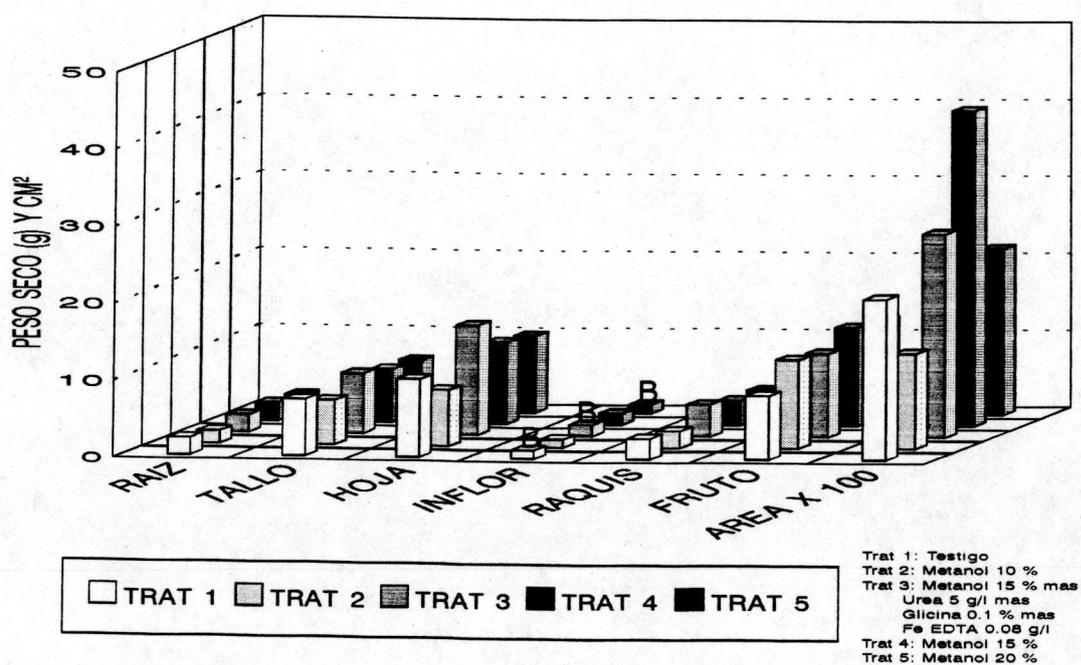


Figura 11.7.- Comportamiento de peso seco en el tercer muestreo en el segundo experimento con metanol.

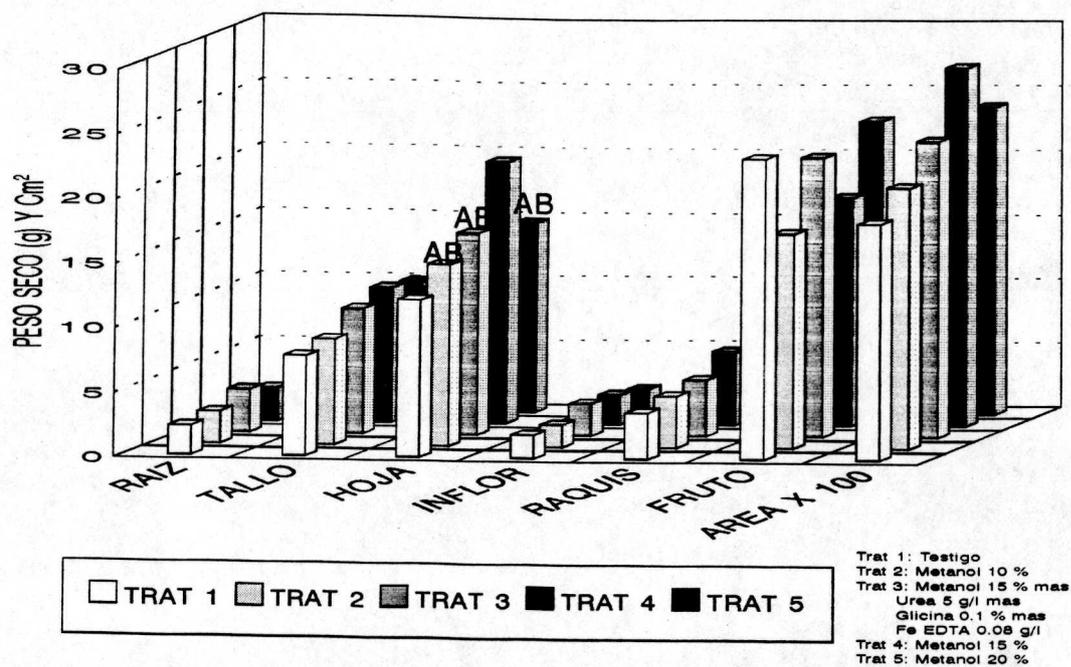


Figura 11.8.- Comportamiento de peso seco en el cuarto muestreo en el segundo experimento con metanol.

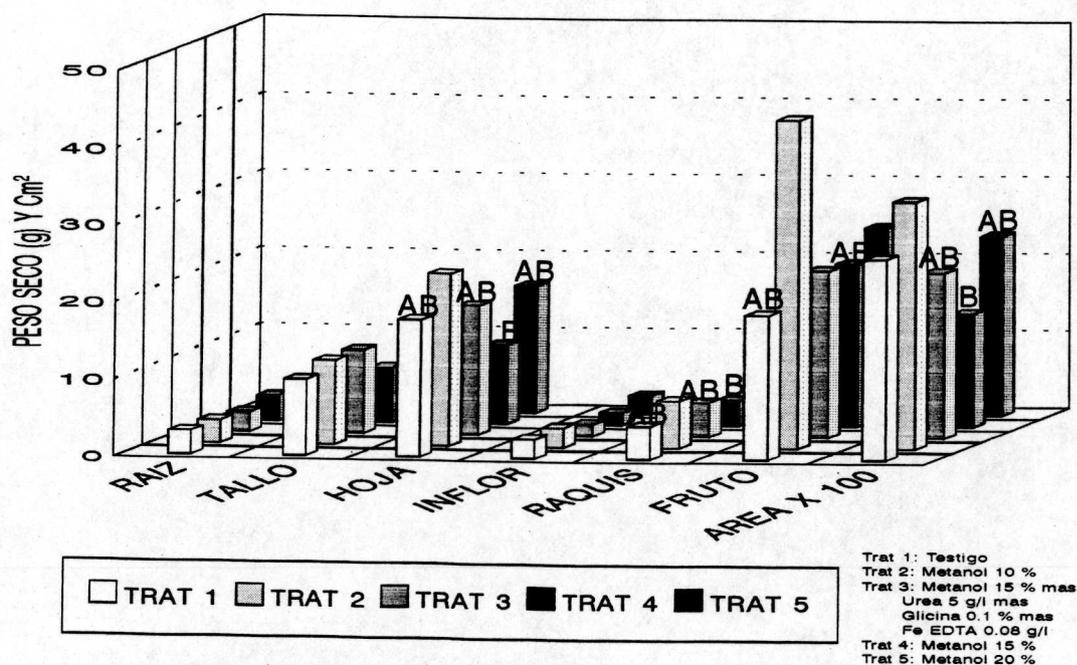


Figura 11.9.- Comportamiento de peso seco en el quinto muestreo en el segundo experimento con metanol.

Cuadro 11.10.- Análisis de varianza para la tasa absoluta de crecimiento (TAC), en distintos órganos de la planta, para el primer intervalo de tiempo (entre el muestreo 2 y 3) en el segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS							
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLOR	PECIO	FRUTO	TOTAL
Bloque	3	0.05**	0.09**	0.63**	0.20**	0.05**	0.39	2.49**
Tratam.	4	0.0007	0.007	0.09	0.0007**	0.006	0.02	0.39
Error	12	0.001	0.01	0.05	0.0001	0.007	0.13	0.38
C. V.		1325	210	251	7.26	407	50.71	83.36

**Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

Cuadro 11.11.- Prueba de comparación de medias para la TAC en distintos órganos de la planta, para el primer intervalo de tiempo, en el segundo experimento con metanol.

TRAT.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLOR	PECIO	FRUTO	TOTAL
1	0.01 a [†]	0.009 a	-0.001 a	-0.157 bc	-0.01 a	0.69 a	0.54 a
2	-0.01 a	0.05 a	0.002 a	-0.160 c	0.01 a	0.61 a	0.51 a
3	-0.008 a	0.11 a	0.36 a	-0.132 a	0.09 a	0.85 a	1.28 a
4	0.01 a	0.02 a	0.03 a	-0.134 ab	0.004 a	0.73 a	0.63 a
5	-0.01 a	0.06 a	0.06 a	0.154 abc	0.01 a	0.71 a	0.68 a
DMS	0.09	0.26	0.52	0.024	0.19	0.82	1.39

[†]Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 11.12.- Análisis de varianza para la tasa absoluta de crecimiento (TAC), en distintos órganos de la planta, para el segundo intervalo de tiempo (entre el muestreo 4 y 5) en el segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS							
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLOR	PECIO	FRUTO	TOTAL
Bloque	3	0.004	0.02	0.09	0.001	0.008	1.35*	3.25
Tratam.	4	0.0003	0.001	0.14	0.001	0.009	0.60	1.55
Error	12	0.001	0.04	0.22	0.002	0.01	0.38	1.68
C. V.		185	84.54	99.31	72.63	130	51.48	60.93

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 11.13.- Prueba de comparación de medias para la TAC en distintos órganos de la planta, para el segundo intervalo de tiempo, en el segundo experimento con metanol.

TRAT.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLOR	PECIO	FRUTO	TOTAL
1	0.006 a [†]	0.24 a	0.47 a	0.08 a	0.09 a	1.06 a	1.97 a
2	0.02 a	0.25 a	0.74 a	0.08 a	0.16 a	1.85 a	3.15 a
3	0.02 a	0.24 a	0.21 a	0.04 a	0.03 a	0.95 a	1.54 a
4	0.01 a	0.22 a	0.46 a	0.04 a	0.12 a	0.88 a	1.76 a
5	0.02 a	0.27 a	0.46 a	0.07 a	0.11 a	1.24 a	2.22 a
DMS	0.08	0.46	1.06	0.10	0.31	1.39	2.92

[†]Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 11.14.- Análisis de varianza para la tasa relativa de crecimiento (TRC), en distintos órganos de la planta, para el primer intervalo de tiempo (entre el muestreo 2 y 3) en el segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS							
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLOR	PECIO	FRUTO	TOTAL
Bloque	3	0.010**	0.003**	0.01**	0.03**	0.008**	No hubo	0.005**
Tratam.	4	0.0002	0.0001	0.0009	0.0004	0.0006	frutos en	0.0003
Error	12	0.0003	0.0003	0.0006	0.0001	0.0008	este	0.0003
C. V.		545	326	359	25.18	726	intervalo	79.80

**Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

Cuadro 11.15.- Prueba de comparación de medias para la TRC en distintos órganos de la planta, para el primer intervalo de tiempo, en el segundo experimento con metanol.

TRAT.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLOR	PECIO	FRUTO	TOTAL
1	-0.002 a [†]	-0.0005 a	-0.001 a	-0.05 ab	-0.004 a	0	0.02 a
2	-0.01 a	0.007 a	0.007 a	-0.05 b	-0.004 a	0	0.01 a
3	-0.001 a	0.01 a	0.03 a	-0.02 a	0.02 a	0	0.04 a
4	0.006 a	-0.0008 a	0.006 a	-0.03 ab	0.000 a	0	0.01 a
5	0.005 a	0.009 a	0.006 a	-0.04 ab	0.002 a	0	0.02 a
DMS	0.04	0.04	0.05	0.024	0.06	0	0.04

[†]Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 11.16.- Análisis de varianza para la tasa relativa de crecimiento (TRC), en distintos órganos de la planta, para el segundo intervalo de tiempo (entre el muestreo 4 y 5) en el segundo experimento con metanol.

F. V.	CUADRADOS MEDIOS							
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLOR	PECIO	FRUTO	TOTAL
Bloque	3	0.0006	0.0001	0.00009	0.00001	0.0002	0.003	0.0002
Tratam.	4	0.00004	0.00008	0.0004	0.0003	0.0003	0.0005	0.0002
Error	12	0.0003	0.0002	0.0005	0.0002	0.0006	0.001	0.0003
C. V.		244	87.11	108	63.87	146	57.18	59.36

Cuadro 11.17.- Prueba de comparación de medias para la TRC en distintos órganos de la planta, para el segundo intervalo de tiempo, en el segundo experimento con metanol.

TRAT.	RAIZ	TALLO	HOJA	INFLOR	PECIO	FRUTO	TOTAL
1	0.004 a [†]	0.01 a	0.02 a	0.03 a	0.01 a	0.05 a	0.03 a
2	0.01 a	0.01 a	0.03 a	0.03 a	0.02 a	0.06 a	0.03 a
3	0.005 a	0.01 a	0.004 a	0.01 a	0.0006 a	0.05 a	0.01 a
4	0.004 a	0.02 a	0.01 a	0.01 a	0.01 a	0.07 a	0.03 a
5	0.01 a	0.02 a	0.02 a	0.02 a	0.02 a	0.04 a	0.03 a
DMS	0.03	0.03	0.05	0.03	0.05	0.07	0.04

[†]Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 11.18.- Análisis de varianza para la tasa de asimilación neta (TAN) en el análisis de crecimiento del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS		
	G.L.	INTERVALO 1	INTERVALO 2
Bloque	3	0.01**	0.001
Tratam.	4	0.0008	0.002
Error	12	0.0006	0.002
C. V.		68.06	74.75

**Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

Cuadro 11.19.- Prueba de comparación de medias para la tasa de asimilación neta (TAN) en el análisis de crecimiento del segundo experimento con metanol.

TRAT.	INTERVALO 1	INTERVALO 2
1	0.03 a [†]	0.06 a
2	0.01 a	0.09 a
3	0.05 a	0.03 a
4	0.03 a	0.04 a
5	0.04 a	0.06 a
DMS	0.05	0.10

[†]Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 11.20.- Análisis de varianza para el porcentaje de nitrógeno en el segundo muestreo del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS				
	GL.	RAIZ	TALLO	HOJA	FRUTO
Bloque	1	0.14	0.17	0.00	0.37
Tratam.	4	0.07	0.06	0.01	0.20
Error	4	0.04	0.04	0.01	0.24
C. V.		9.02	10.48	4.53	17.83

Cuadro 11.21.- Análisis de varianza para el porcentaje de fósforo en el primer muestreo del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS				
	GL.	RAIZ	TALLO	HOJA	FRUTO
Bloque	1	0.004	0.001	0.0005	0.008
Tratam.	4	0.0007	0.005	0.002	0.002
Error	4	0.0009	0.007	0.006	0.007
C. V.		18.93	37.64	27.11	22.75

Cuadro 11.22.- Análisis de varianza para el porcentaje de fósforo en el segundo muestreo del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS				
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	FRUTO
Bloque	1	0.0003	0.004	0.00002	0.006
Tratam.	4	0.0004	0.005	0.002	0.001
Error	4	0.001	0.007	0.003	0.007
C. V.		22.89	28.39	17.12	22.55

Cuadro 11.23.- Análisis de varianza para el porcentaje de potasio en el primer muestreo del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS				
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	FRUTO
Bloque	1	0.73	0.29	0.00007	2.72
Tratam.	4	0.18	0.85	0.79	0.21
Error	4	0.13	0.36	0.19	0.82
C. V.		14.14	18.95	16.92	22.90

Cuadro 11.24.- Análisis de varianza para el porcentaje de potasio en el segundo muestreo del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS				
	G.L.	RAIZ	TALLO	HOJA	FRUTO
Bloque	1	0.03	0.11	0.60*	0.26
Tratam.	4	0.06	0.04	0.07	0.32
Error	4	0.16	0.10	0.02	0.32
C. V.		13.08	9.86	7.47	13.08

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

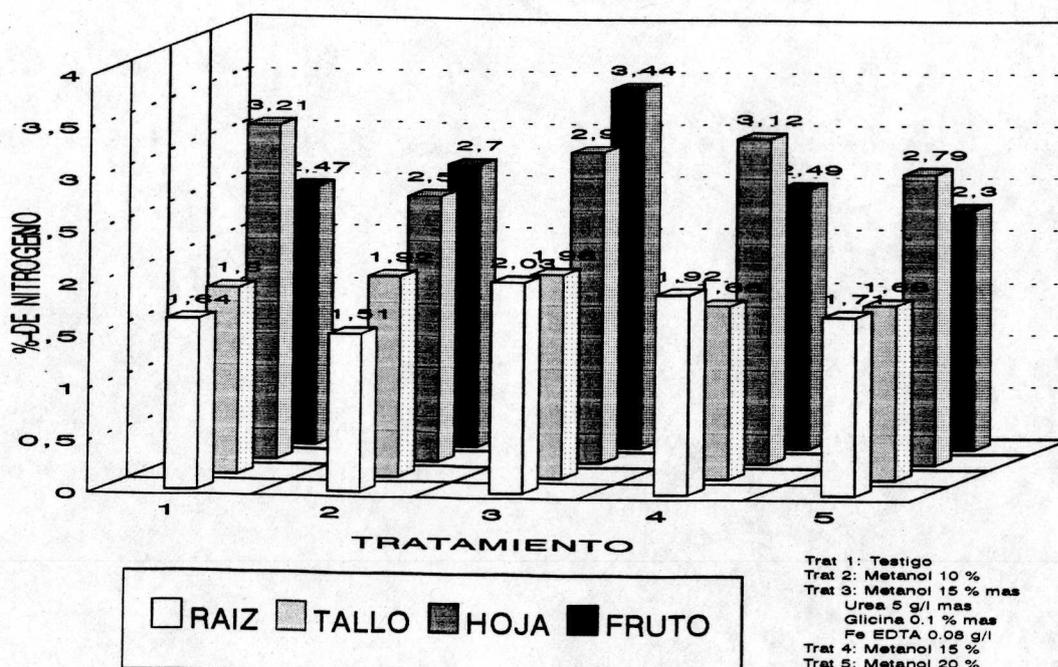


Figura 11.10.- Comportamiento del porcentaje de nitrógeno en el primer muestreo del segundo experimento con metanol

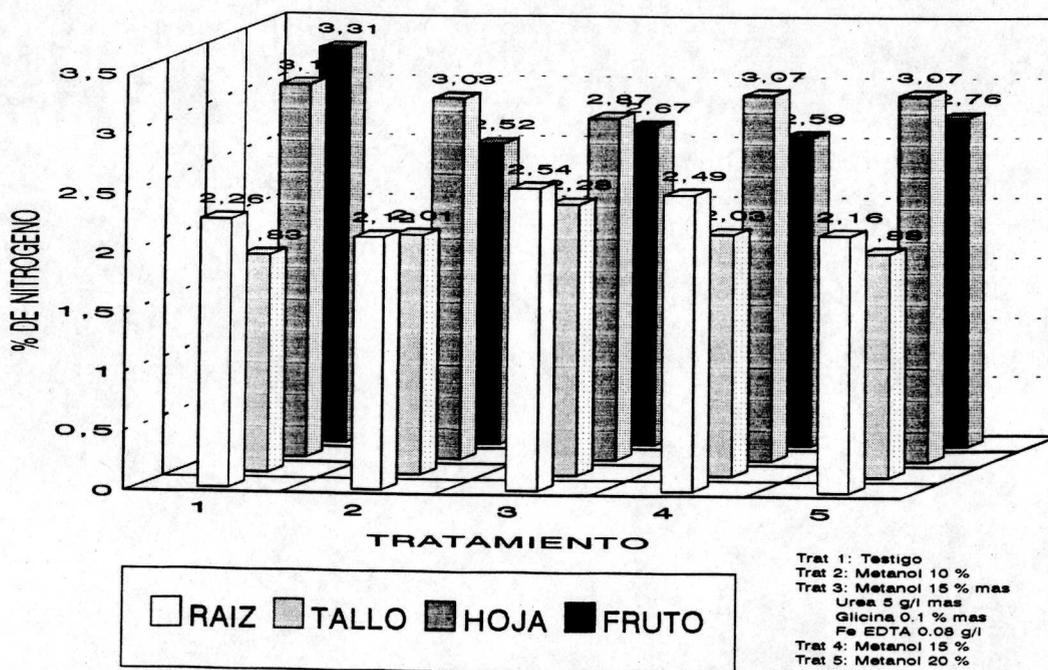


Figura 11.11.- Comportamiento del porcentaje de nitrógeno en el segundo muestreo del segundo experimento con metanol

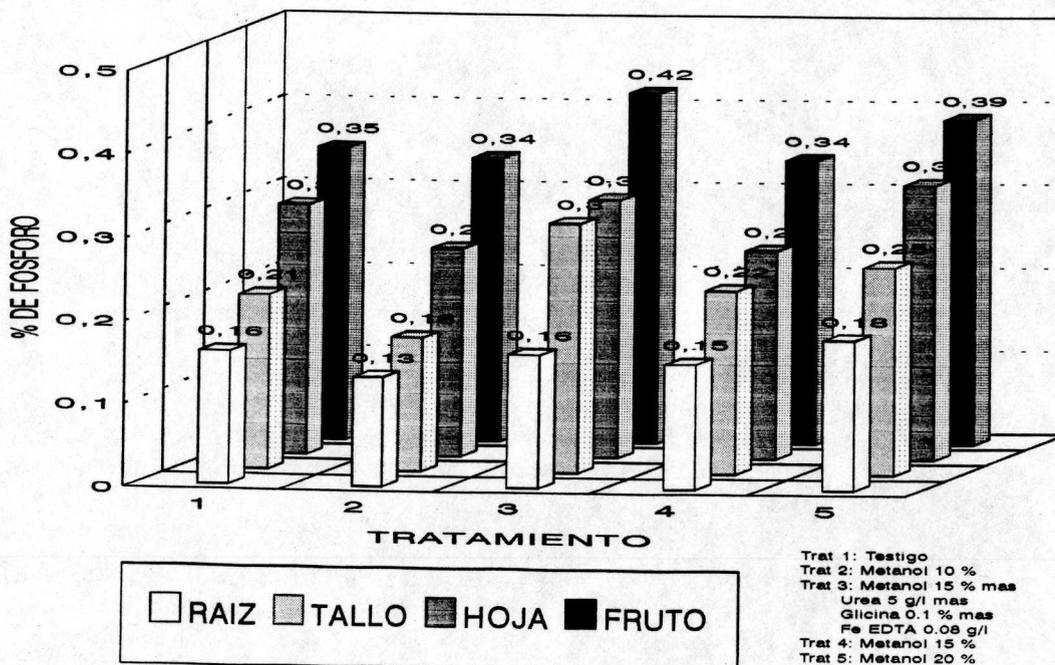


Figura 11.12.- Comportamiento del porcentaje de fósforo en el primer muestreo del segundo experimento con metanol

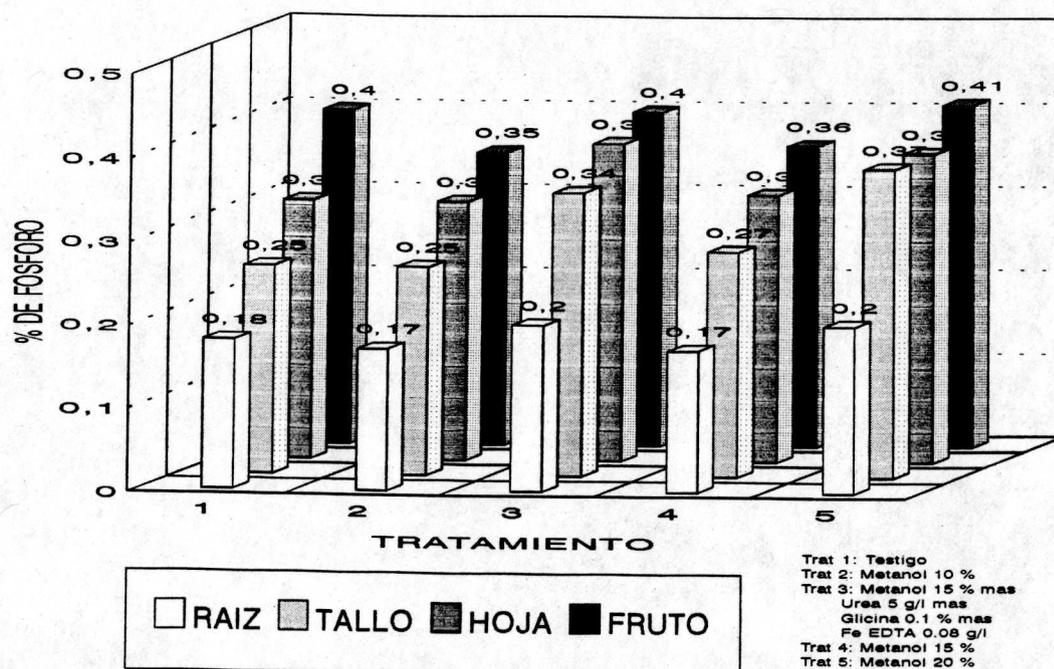


Figura 11.13.- Comportamiento del porcentaje de fósforo en el segundo muestreo del segundo experimento con metanol

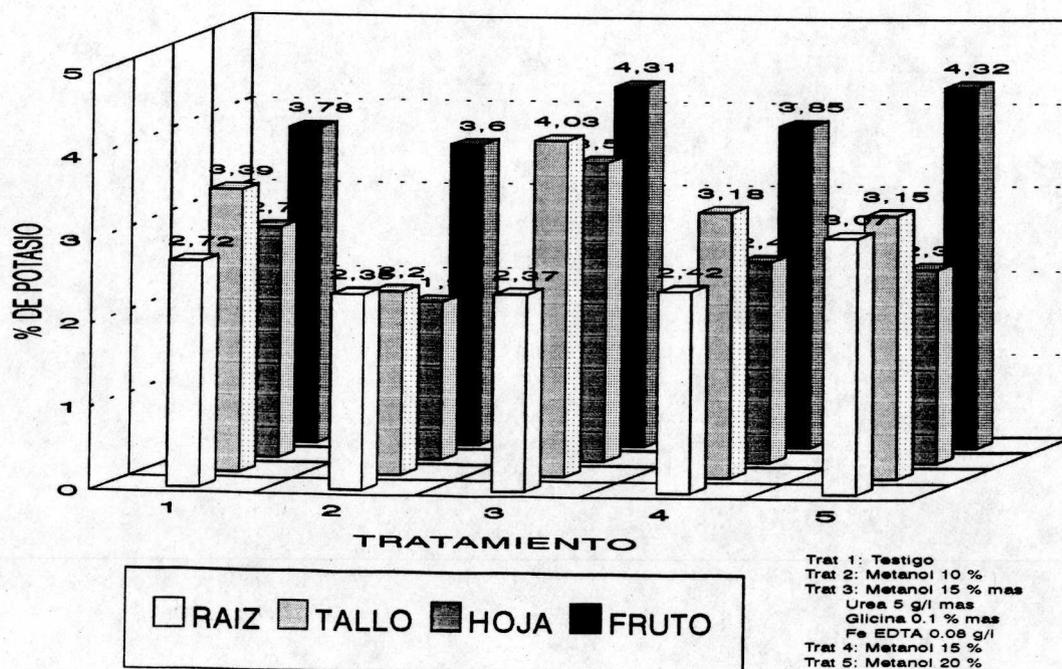


Figura 11.14.- Comportamiento del porcentaje de potasio en el primer muestreo del segundo experimento con metanol

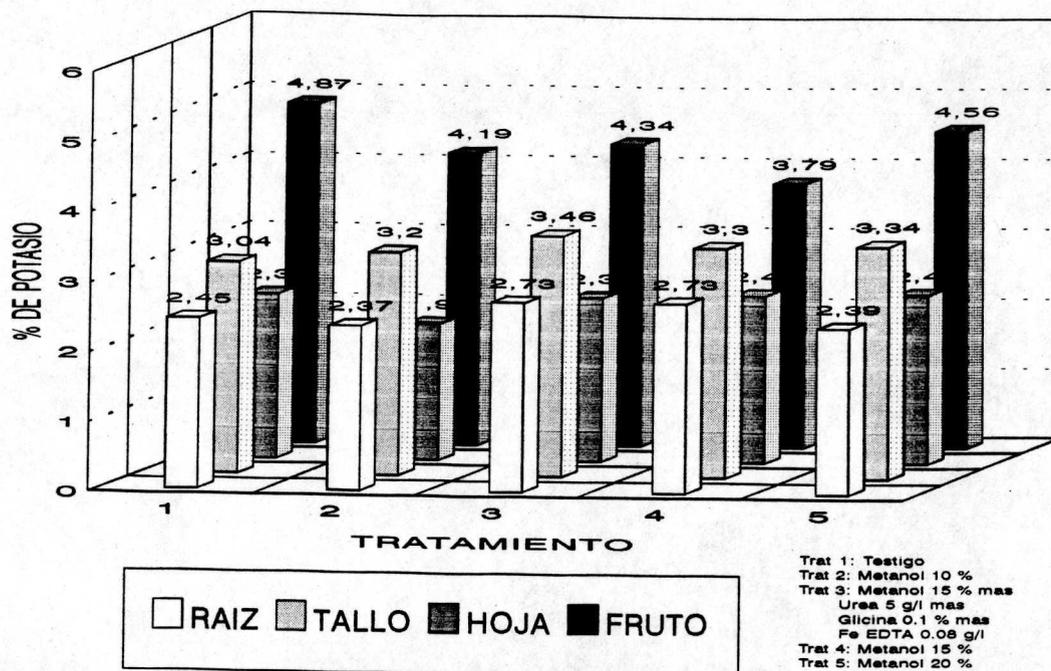


Figura 11.15.- Comportamiento del porcentaje de potasio en el segundo muestreo del segundo experimento con metanol

Cuadro 11.25.- Análisis de varianza para el primer corte del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	PESO	CHICO	MED	GRANDE	No. FRU.
Bloque	3	42125.0	0.40	0.40	0.98	3.38
Tratam.	4	72765.6	0.42	0.20	2.42	5.12
Error	12	55744.7	0.52	0.40	2.19	4.59
C. V.		101.54	362.28	105.40	102.09	95.23

Cuadro 11.26.- Análisis de varianza para el segundo corte del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	PESO	CHICO	MED.	GRANDE	No. FRU.
Bloque	3	1121111.6*	0.58	3.60*	37.60	62.18
Tratam.	4	384913.7	1.92	2.87	9.5	24.37
Error	12	313101.2	1.95	0.97	11.51	20.30
C. V.		41.18	133.27	49.37	41.38	40.05

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 11.27.- Análisis de varianza para el tercer corte del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	PESO	CHICO	MED.	GRANDE	No. FRU.
Bloque	3	1521833.3	2.58	3.91	36.60*	63.53
Tratam.	4	327312.5	2.95	1.00	10.62	17.20
Error	12	627979.1	1.75	3.83	9.55	19.03
C. V.		39.32	80.17	41.21	32.54	27.43

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 11.28.- Análisis de varianza para el cuarto corte del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	PESO	CHICO	MED.	GRANDE	No. FRU.
Bloque	3	187375.0	1.13	0.58	5.93	14.18
Tratam.	4	214609.3	2.17	0.17	6.80	18.17
Error	12	81151.0	2.50	3.54	3.76	10.80
C. V.		23.98	93.16	53.01	26.58	26.19

Cuadro 11.29.- Análisis de varianza para el quinto corte del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	PESO	CHICO	MED.	GRANDE	No. FRU.
Bloque	3	442364.5	10.20*	4.98	15.51	77.40*
Tratam.	4	44421.8	2.20	0.50	4.17	3.82
Error	12	147442.7	2.86	3.40	7.80	21.69
C. V.		45.64	80.62	56.73	61.41	47.04

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 11.30.- Análisis de varianza para el sexto corte del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	PESO	CHICO	MED.	GRANDE	No. FRU
Bloque	3	1376654.5**	4.93	11.65	30.85**	92.40*
Tratam.	4	109051.2	1.57	1.50	6.20	5.67
Error	12	111000.4	6.64	6.90	3.76	24.60
C. V.		30.78	99.12	38.91	50.41	37.58

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

**Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

Cuadro 11.31.- Análisis de varianza para el séptimo corte del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	PESO	CHICO	MED.	GRANDE	No. FRU
Bloque	3	214875.0	21.78	6.45	3.53	15.00
Tratam.	4	168390.6	1.87	12.20	1.70	6.17
Error	12	359848.9	10.24	10.70	4.20	36.20
C. V.		65.8	85.34	55.91	97.59	51.43

Cuadro 11.32.- Análisis de varianza para el octavo corte del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	PESO	CHICO	MED.	GRANDE	No. FRU.
Bloque	3	118466.6*	47.25	251.20	7.26	466.18
Tratam.	4	443234.3	60.55	77.20	6.07	148.70
Error	12	265317.7	30.91	145.53	5.14	264.26
C. V.		4024	45.62	103.99	73.14	58.79

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 11.33.- Análisis de varianza para la cosecha del segundo experimento con metanol.

F.V.	CUADRADOS MEDIOS					
	G.L.	PESO	CHICO	MED.	GRANDE	No. FRU.
Bloque	3	576078.9	23.55*	14.10	22.38	51.15
Tratam.	4	113082.2	2.87	12.40	1.08	17.66
Blo*Tra	12	116287.1	5.82	27.59	3.25	32.54
Corte	7	5130268.1**	329.11**	230.26**	176.93**	1009.08**
Cor*Tra	28	235945.3	10.11	11.89	6.63	30.22
Error	105	368460.6	8.26	24.55	8.41	63.40
C. V.		54.47	82.21	103.37	57.95	61.01

*Significativo ($\alpha = 0.05$)

**Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)