

ÍNDICE GENERAL

1. INTERÉS Y OBJETIVOS.....	7
1.1. Interés.....	7
1.2. Objetivos.....	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1. Semilleros hortícolas.....	10
2.1.1. Introducción.....	10
2.1.2. Estructura.....	10
2.1.3. Proceso productivo.....	11
2.2. Sustratos.....	13
2.2.1. Introducción.....	13
2.2.2. Características de los sustratos.....	13
2.2.3. Clasificación.....	17
2.2.4. Sustratos más utilizados en semilleros.....	18
2.3. Oxigenación.....	21
2.3.1. El uso de peróxidos y peracéticos en la oxigenación radical.....	21
2.3.2. Importancia de la presencia de oxígeno en el suelo.....	23
2.3.3. Causas de la falta de oxígeno en el suelo.....	24
2.3.4. Efectos de la falta de oxígeno en el suelo.....	26
2.3.5. Consecuencias de la falta de oxígeno en el suelo.....	27
2.3.6. La aireación de las raíces en los cultivos sin suelo. Influencia de la T ^a	30
2.3.7. Espacio poroso. Intercambios aire-agua. Difusión de oxígeno.....	32
2.3.8. Relaciones oxígeno-rizosfera en los cultivos en sustratos.....	34
2.3.9. Mejora de la oxigenación de la rizosfera en cultivo sin suelo (CSS).....	35
2.3.10. Medidas del oxígeno en la rizosfera. Soluciones oxigenadas sobresaturadas....	35
2.3.11. Evolución del oxígeno en la rizosfera de diferentes CSS mediterráneos.....	36

3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	37
3.1. Características botánicas de las especies cultivadas.....	37
3.1.1. Melón.....	37
3.1.2. Judía.....	38
3.2. Descripción del sistema invernadero.....	42
3.2.1. Situación y orientación.....	42
3.2.2. Estructura y dimensiones.....	42
3.2.3. Descripción del semillero.....	43
3.3. Descripción del sistema de riego utilizado.....	44
3.4. Características del agua de riego utilizada y disolución nutritiva.....	45
3.4.1. Agua de riego.....	45
3.4.2. Disolución nutritiva.....	46
3.4.3. Preparación de la solución nutritiva.....	47
3.4.4. Producto utilizado. Peróxido de hidrógeno.....	48
3.4.5. Aplicación del oxigenante químico.....	51
3.5. Prácticas culturales.....	51
3.5.1. Siembra.....	51
3.5.2. Riego.....	52
3.6. Parámetros físicos.....	52
3.6.1. Preparación de las muestras.....	53
3.6.2. Biomasa vegetal fresca.....	54
3.6.3. Longitud de tallo.....	54
3.6.4. Diámetro del tallo.....	54
3.6.5. Número de hojas.....	55
3.6.6. Área foliar.....	55
3.6.7. Biomasa vegetal seca.....	55
3.7. Índices de calidad.....	56

3.7.1. Índice de calidad foliar.....	56
3.7.2. Índices de calidad pretrasplante.....	57
3.8. Diseño experimental y tratamiento estadístico.....	58
3.8.1. Descripción del diseño.....	58
3.8.2. Sistema de muestreo.....	59
3.8.3. Tratamiento estadístico.....	59
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1. Efectos de la aplicación del peróxido de hidrógeno.....	60
4.1.1. Introducción.....	60
4.1.2. Resultados obtenidos y discusión para el ensayo con judía.....	61
4.1.3. Resultados obtenidos y discusión para el ensayo con melón.....	69
5. CONCLUSIONES.....	76
6. BIBLIOGRAFÍA.....	77
7. APÉNDICE.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Disponibilidad de oxígeno en la rizosfera.....	31
Tabla 3.1. Análisis fisicoquímico y químico del agua de riego aplicada.....	46
Tabla 3.2. Composición de NUTREL C.....	46
Tabla 3.3. Solución nutritiva empleada.....	47
Tabla 3.4. Riqueza del peróxido de hidrógeno.....	49
Tabla 3.5. Composición de la turba.....	51
Tabla 4.1. Parámetros de calidad en plántulas de judía, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30 % p/v.....	61
Tabla 4.2. Parámetros de calidad en plántulas de judía, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30 % p/v.....	63
Tabla 4.3. Parámetros de calidad en plántulas de judía, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30 % p/v.....	64
Tabla 4.4. Índices de calidad en plántulas de judía, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30 % p/v.....	66
Tabla 4.5. Incrementos porcentuales de T1 sobre T0, judía.....	68
Tabla 4.6. Parámetros de calidad en plántulas de melón, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30 % p/v.....	69
Tabla 4.7. Parámetros de calidad en plántulas de melón, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30 % p/v.....	70
Tabla 4.8. Parámetros de calidad en plántulas de melón, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30 % p/v.....	72
Tabla 4.9. Índices de calidad en plántulas de melón, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30 % p/v.....	73
Tabla 4.10. Incrementos porcentuales de T1 sobre T0, melón.....	75
Tabla 7.1.a. Parámetros de calidad en plántulas de judía.....	83
Tabla 7.1.b. Parámetros de calidad en plántulas de judía.....	84
Tabla 7.2.a. Parámetros de calidad en plántulas de melón.....	85
Tabla 7.2.b. Parámetros de calidad en plántulas de melón.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Coeficiente de área foliar.....	56
Figura 3.2. Índice de esbeltez.....	57
Figura 3.3. Índice de calidad hortícola al pre-trasplante.....	57
Figura 3.4. Diseño del experimento.....	58
Figura 4.1. Diámetro medio de tallo por plántula de judía, y tratamiento.....	61
Figura 4.2. Altura media de tallo por plántula de judía, y tratamiento.....	61
Figura 4.3. Número medio de hojas por plántula de judía, y tratamiento.....	62
Figura 4.4. Área foliar media por plántula de judía, y tratamiento.....	62
Figura 4.5. Peso fresco medio del vástago por plántula de judía, y tratamiento.....	63
Figura 4.6. Peso fresco medio de la raíz por plántula de judía, y tratamiento.....	63
Figura 4.7. Peso fresco medio total por plántula de judía, y tratamiento.....	63
Figura 4.8. Materia seca media del vástago por plántula de judía, y tratamiento.....	64
Figura 4.9. Materia seca media de la raíz por plántula de judía, y tratamiento.....	64
Figura 4.10. Materia seca media total por plántula de judía, y tratamiento.....	65
Figura 4.11. Coeficiente de área foliar medio por plántula de judía, y tratamiento....	66
Figura 4.12. Índice de esbeltez medio por plántula de judía, y tratamiento.....	66
Figura 4.13. Índice de calidad hortícola pre-trasplante medio por plántula de judía, y tratamiento.....	66
Figura 4.14. Diámetro medio de tallo por plántula de judía, y tratamiento.....	69
Figura 4.15. Altura media de tallo por plántula de judía, y tratamiento.....	69
Figura 4.16. Número medio de hojas por plántula de judía, y tratamiento.....	70
Figura 4.17. Área foliar media por plántula de judía, y tratamiento.....	70
Figura 4.18. Peso fresco medio del vástago por plántula de judía, y tratamiento.....	71
Figura 4.19. Peso fresco medio de la raíz por plántula de judía, y tratamiento.....	71
Figura 4.20. Peso fresco medio total por plántula de judía, y tratamiento.....	71
Figura 4.21. Materia seca media del vástago por plántula de judía, y tratamiento.....	72
Figura 4.22. Materia seca media de la raíz por plántula de judía, y tratamiento.....	72
Figura 4.23. Materia seca media total por plántula de judía, y tratamiento.....	72
Figura 4.24. Coeficiente de área foliar medio por plántula de judía, y tratamiento....	73
Figura 4.25. Índice de esbeltez medio por plántula de judía, y tratamiento.....	73
Figura 4.26. Índice de calidad hortícola pre-trasplante medio por plántula de judía, y tratamiento.....	74

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2.1. Síntomas de deficiencias en tomate.....	30
Fotografía 3.1. Invernadero.....	42
Fotografía 3.2. Bandeja semillero sobre bandeja recipiente.....	44
Fotografía 3.3. Conductivímetro y pHmetro.....	48
Fotografía 3.4. Peróxido de hidrógeno.....	49
Fotografía 3.5. Preparación de muestras.....	53
Fotografía 3.6. Peso fresco de raíz.....	54
Fotografía 3.7. Calibre digital electrónico.....	55
Fotografía 3.8. Estufa.....	56

1. INTERÉS Y OBJETIVOS

1.1. Interés

El manejo cultural utilizado en horticultura cada vez depende más de la tecnología, especialmente en lo referente al manejo del suelo y clima que requieren las plantas para alcanzar su potencial productivo. El mejoramiento genético de las semillas, el injerto en plantas hortícolas, el incremento de la superficie con invernaderos y de cultivo sin suelo son algunos de los aspectos que explican el aumento de la productividad en los cultivos hortícolas. La superficie de cultivos bajo invernadero supera las 30.000 ha, sólo en la provincia de Almería (Urrestarazu et al., 2004).

Se han desarrollado de forma paralela sectores auxiliares, como los semilleros. El semillero permite asegurar un cultivo homogéneo y evita trabajo en el invernadero y problemas de germinación por las bajas temperaturas del suelo al inicio de la plantación. Los semilleros tienen una doble función, germinación de semillas y producción de plántulas. Según el censo, en 1999, sólo en la provincia de Almería, había 80 semilleros agrupados en 54 empresas, ocupando una superficie de 112,66 hectáreas (Carretero, 2000).

La reducción global de residuos de sustancias químicas en el medio ambiente es necesaria. En agricultura protegida se están usando diferentes estrategias con productos biodegradables para el control de patógenos. El manejo de la bioseguridad en fertirrigación de horticultura protegida se lleva a cabo con el uso de mezclas de peroxiacético que cumple tres principios básicos: su fabricación no involucra procesos contaminantes, tienen la misma función que otras sustancias químicas, y después de su uso y manejo no dejan residuos tóxicos en el medioambiente. Además, el peroxiacético puede ser beneficioso para factores productivos, tales como la presencia de oxígeno en el sistema radical. La sostenibilidad en la agricultura protegida depende del desarrollo e introducción de tecnologías para su aplicación en el campo (Carrasco y Urrestarazu, 2010).

La deficiencia de oxígeno en la zona radical causa diversas reacciones en la planta tales como debilitamiento, mal crecimiento o muerte de las raíces. Las altas temperaturas del verano producen deficiencia de oxígeno porque disminuye el oxígeno soluble y éste se consume más rápido por la mayor actividad de los microorganismos y las raíces. Este efecto

es mayor en los sistemas hidropónicos ya que la planta dispone de un pequeño volumen de sustrato. Para conseguir la mejor producción en los cultivos sin suelo en sustrato, es necesario encontrar el punto de equilibrio entre agua-aire mediante el manejo del riego, con la frecuencia y duración del mismo (Urrestarazu, 2000).

Respecto a la aireación, las deficiencias de oxígeno en el medio radical producen un efecto negativo en el crecimiento de las raíces y en el consumo de los nutrientes, puntualizando que la falta de oxígeno nocturno puede ser una de las causas de podredumbre apical (*blosson-end rot*) en tomate por problemas en la asimilación de calcio (Tachibana, 1991). Por debajo de los 3-4 mg/l (Gislerod y Kempton, 1983) de oxígeno disuelto en la solución se produce una disminución en el crecimiento radical, apareciendo un empardecimiento de este, tal vez sean el síntoma más precoz y fácilmente detectable de los primeros problemas de oxigenación (Urrestarazu, 2000).

Una consecuencia secundaria, al disminuir el oxígeno, es la aparición de poblaciones de patógenos en el medio, la importancia de esto se ve al observar la estrecha correlación entre la concentración de oxígeno en la solución nutritiva y los pesos secos de la raíz y vástago (Zeroni et al., 1983).

En general, tanto el contenido de oxígeno en fertirriego como el consumo por parte de la planta, varía según la hora del día (Urrestarazu et al., 2005) y existe un efecto positivo en el consumo hídrico al aumentar el oxígeno disuelto en la disolución nutritiva y ello conlleva a una mayor producción comercial (Urrestarazu y Mazuela, 2005).

En trabajos anteriores se ha demostrado que en el cultivo de tomate existe un efecto positivo aunque no significativo en el tratamiento con peróxido de hidrógeno en cuanto al aumento en la producción total tanto en kilos como en el número de frutos por m² con valor comercial (Gálvez, 2005). Si bien el tratamiento empezó en postransplante y no fue aplicado en semillero. De ahí el interés en evaluar su uso en plántulas.

1.2. Objetivos

El principal objetivo, y objetivo específico que persigue el presente trabajo monográfico es evaluar el efecto que tiene la aplicación de un oxigenante químico, por medio del fertirriego, sobre parámetros e índices de calidad en plántulas de judía y melón.

Se utilizará un producto que se comercializa con el nombre de peróxido de hidrógeno 30 % p/v soluble en agua.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Semilleros hortícolas

2.1.1. Introducción

El sistema productivo hortícola se inicia generalmente en instalaciones especiales que permiten adaptarse a las también especiales exigencias que tienen las semillas para su adecuada germinación y las plantas en sus primeros estadios de crecimiento. Para ello el semillero debe contar con infraestructura y equipamiento del más alto nivel tecnológico y asegurar una impecable organización como empresa. El objetivo es fomentar y mejorar la producción de plántulas hortícolas de calidad, dada la importancia y repercusión de esta actividad tanto desde el punto de vista económico como el ulterior éxito de las futuras plantaciones (Gil et al., 2005; Fernández et al., 2005)

2.1.2. Estructura

Podemos diferenciar dos tipos de estructura, la física y la organizativa, según López-Aparicio (2005):

En la estructura física las principales secciones que se diferencian dentro de un semillero son:

- Oficinas
- Almacenes (semillas, substratos, bandejas...)
- Zona de siembra
- Cámaras de germinación
- Invernaderos
- Área de grupaje y expedición
- Instalaciones especiales: áreas de injertado, zonas de aclimatación...

En algunos semilleros podemos encontrar que no existen algunas de estas secciones, y en otros casos, por el contrario, pueden estar diferenciadas y desarrolladas ampliamente.

En la estructura organizativa el organigrama suele ser piramidal, si bien es cierto que la jerarquía puede ser más o menos rígida.

La figura de la dirección puede adoptar formas muy diversas, desde un administrador único hasta una sociedad cooperativa. Mayoritariamente el día a día de la gestión se encuentra delegado en la figura del Gerente, que junto con el Responsable Comercial son los encargados de ejecutar las directrices marcadas por la Dirección.

El puesto de Jefe de Calidad se hace hoy en día prácticamente imprescindible, habida cuenta de que el mercado es cada vez más exigente en protocolos de aseguramiento de la misma.

El Departamento de Producción es la principal responsabilidad del Director Técnico, dentro de este departamento se encuentran las principales secciones que se han comentado antes.

2.1.3. Proceso productivo

El proceso productivo se divide además en los procesos, según López-Aparicio (2005):

- Encargo de siembra
- Siembra
- Germinación
- Extendido
- Crianza
- Carga

En la línea temporal del proceso de producción del semillero el proceso de Encargo de siembra es el primer punto de la cadena de trabajo. Aquí se inicia la trazabilidad de la planta encargada por el agricultor, se adjudica un número o se codifica de manera inequívoca ese pedido con un código que acompañará la vida de esa planta hasta su venta al agricultor.

La Siembra es el momento en el que físicamente se crea la partida que comenzó a existir sobre el papel en el Encargo de Siembra. En este proceso se ha de plasmar lo solicitado

por el cliente con absoluta fidelidad. La ausencia de errores en esta etapa es fundamental, ya que si se cometen se arrastrarán hasta la venta de dicha planta y pueden llegar a ser francamente graves.

Se puede decir que el proceso de Germinación fue el origen del semillero. Los semilleros aparecieron cuando las semillas fueron subiendo de precio, las germinaciones obtenidas por el agricultor eran bajas y los trasplantes a raíz desnuda ocasionaban problemas. En esos momentos la mayor profesionalidad de esta actividad daba como resultado una mejora en el grado de aprovechamiento de las instalaciones del agricultor, ofertaban un mayor rendimiento de la germinación de la semilla y mejoraba el manejo y las efectividades en el transplante.

El Extendido dentro del semillero puede parecer algo simple, pero una correcta gestión del mismo puede incrementar el rendimiento del uso del espacio, reducir los costes de producción, mejorar la calidad de la producción de la planta y evitar posibles errores por cambio de variedades. Por esto es fundamental sistematizar la forma de extender la planta de manera que cada partida quede correctamente identificada y se sepa de manera inequívoca qué bandejas le pertenecen.

El desarrollo de la Crianza de la planta desde su extendido hasta la expedición es el período que marcará la calidad de la planta entregada. Dentro de los trabajos que se desarrollan en el semillero en este período podemos encontrar los procesos: control de germinación, injertado, repicado, cambio de soporte, riego, despunte, entutorado y control del estado de las plantas. El técnico además debe jugar con el control de clima del invernadero, los abonados, los riegos y substratos para poder servir el pedido en la fecha y condición adecuada.

El final del trabajo del semillero, o Carga, termina cuando el cliente retira su partida. El cliente puede retirar su planta o puede ser el semillero el encargado de su entrega.

2.2. Sustratos

2.2.1. Introducción

Se define el sustrato como todo material sólido distinto del suelo que puesto en un contenedor permite el anclaje del sistema radicular. Este material puede ser natural, de síntesis, mineral u orgánico (Abad, 1991).

2.2.2. Características de los sustratos

Las propiedades que en mayor medida caracterizan a un sustrato, o son necesarias para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento o desarrollo de las plantas, son las siguientes, según Abad et al. (1995), Abad y Noguera (1998):

Propiedades físicas

- Alta porosidad total

La porosidad total se define como el volumen total del medio no ocupado por partículas sólidas.

Al hablar de porosidad nos referimos a la porosidad abierta, la ocluida, al no estar en contacto con el medio no tiene capacidad de intercambiar fluidos con él. El valor debe ser superior a un 85 % (Abad et al., 1993).

- Baja densidad aparente

Va referida al material sólido más el espacio poroso. En sustratos orgánicos nos da una idea del grado de descomposición (a mayor densidad aparente, mayor grado de descomposición). Debe ser inferior a 2 gr/cc. (Abad et al., 1993).

Cuando se refiere al material sólido que lo compone hablaremos de densidad real. Los valores van de 1.4 a 2 gr/cc.

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible

Un sustrato saturado perderá agua a medida que la planta succione ésta. A medida que las raíces van extrayendo agua, en el sustrato irá quedando la que ocupe los poros más pequeños, por lo que habrá que aplicar fuerzas de succión cada vez mayores para extraerla.

Según la tensión de succión que tiene que aplicar la raíz hablaremos de:

a) Agua fácilmente disponible, que es la diferencia entre la cantidad de agua retenida por el sustrato después de saturar y haber dejado drenar a 10 cm de columna de agua (cda) y la cantidad presente en dicho sustrato a una presión de succión de 50 cm de cda. El valor óptimo estaría entre un 20 % y un 30 %.

b) Agua de reserva, que es el porcentaje de agua que libera un sustrato al pasar de 50 a 100 cm de cda. El nivel óptimo se sitúa entre el 4 % y el 10 %.

La suma de ambas es lo que se denomina agua total disponible.

c) Agua difícilmente disponible es el porcentaje que libera el sustrato a tensiones superiores a 100 cm de cda.

La cantidad de agua retenida por un medio depende del tamaño de las partículas, altura y forma del recipiente. Respecto a la granulometría el mejor sustrato es aquel que presenta una distribución del tamaño de los poros entre 30 y 300 micras, que equivale a una distribución del tamaño de las partículas entre 0.25 mm y 2.5 mm. (Raviv et al., 1986; Puustjarvi, 1994). Otro parámetro que suele medirse en la caracterización de un sustrato es el índice de grosor y se refiere al porcentaje de partículas con diámetro superior a 1 mm que hay en un volumen de sustrato. Se aceptan valores entre 30 y 45 % (Abad et al., 1993). En cuanto a la altura del contenedor, para un mismo volumen, retendrá más agua el que menos altura tenga, asimismo también varía la capacidad del contenedor según la forma de éste (truncopiramidal o rectangular).

- Suficiente capacidad de aireación

Se define como la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después de haberlo saturado con agua y haberlo dejado drenar libremente. Valor óptimo: 20-30 % (Abad et al., 1993)

- Estructura estable

Ante todo que no se contraiga ni se dilate y sea fluida.

- Fácil de humedecer

Propiedades químicas y físico-químicas

- pH

El pH debe ser ligeramente ácido, entre 5,3 y 6,5 (Abad et al., 1993).

A pH menor de 5 pueden aparecer deficiencias de N, K y Ca, y a pH mayor de 6 descende la asimilabilidad de Fe, P, Mn, B, Zn, y Cu.

- Elevada capacidad tampón
- Capacidad de intercambio catiónico

Es la cantidad de cationes que pueden ser adsorbidos por unidad de peso del sustrato. Se expresa en miliequivalentes por 100 g de sustrato (meq/100g).

Este aspecto tiene relevancia cuando la fertirrigación no se aplica de manera constante. En el caso de que sea así, interesa que la C.I.C. sea de moderada a elevada. (C.I.C. mayor de 20 meq/100 g, (Abad et al., 1993)).

La C.I.C. dependerá del pH, aumentando conforme aumente éste. Es debido a que los grupos ácidos de las sustancias húmicas pierden H⁺ al aumentar el pH, con lo que

aumenta la carga eléctrica negativa y en consecuencia aumenta la capacidad de adsorber cationes.

- Salinidad

Concentración de sales en la solución del sustrato. Se mide por medio de la Conductividad Eléctrica y los valores de referencia están entre 0.15 y 0.5 dS/m. (extracto acuoso 1:6, vol:vol). (Abad et al., 1993)

La salinidad puede incrementarse por la presencia de fertilizantes insolubles, por sales aportadas al riego, o por una elevada C.I.C. del sustrato que se descompone y libera nutrientes.

Para paliar este incremento se puede lixiviar, mantener húmedos los cepellones, reducir el estrés mediante sombreado y aumentando la humedad relativa, o no utilizar fertilizantes con elevada fuerza iónica.

- Elevado contenido en materia orgánica

Mayor de un 80 %. La relación C/N indica el grado de madurez y estabilidad de un sustrato. Su valor está entre 20 y 40 (Abad et al., 1993).

Depende del tipo de material que lo compone (hemicelulosa, celulosa o lignita) y su mayor o menor resistencia al ataque microbiano (Ansorena, 1994).

Propiedades biológicas

- Velocidad de descomposición

Debe ser mínima. Está ligada a los microorganismos y a las condiciones ambientales.

Los efectos de la descomposición son el empeoramiento de las características físicas, disminución de la capacidad de aireación y disponibilidad de N, liberación de sustancias fitotóxicas, etc.

- Producción de ácidos húmicos y fúlvicos
- Actividad reguladora del crecimiento

Existe cierta actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos.

Otras propiedades

- Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas
- Reproducibilidad y disponibilidad
- Bajo coste
- Fácil de preparar y manejar
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección
- Resistencia a cambios extremos físicos, químicos y ambientales

2.2.3. Clasificación

Según sus propiedades tenemos:

- Químicamente inertes: Arena, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- Químicamente activos: Turbas, fibra de coco, vermiculita, corteza de pino, etc.

Según el origen de los materiales:

- Orgánicos: Turbas, espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.

- Inorgánicos: Grava, arena, perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.

2.2.4. Sustratos más utilizados en semilleros

Los sustratos más utilizados en semilleros son la turba y fibra de coco de origen orgánico; y la lana de roca, perlita y vermiculita, de origen inorgánico.

Turbas

Es el sustrato por excelencia, se gastan anualmente en todo el mundo 35 millones de metros cúbicos de este material. Las turbas son vegetales fosilizados. Están constituidas principalmente por restos de musgos y de otras plantas superiores, descompuestos de modo incompleto a causa del exceso de agua y la falta de oxígeno (Strasburguer et al., 1986; Lappalainen, 1996; Vasander, 1996).

La formación de turbas viene determinada por altas condiciones de humedad. Esta alta humedad viene dada por aguas freáticas (influenciadas por corrientes superficiales y subterráneas) o por fuerte pluviometría, lo que dará lugar a dos tipos de turbera distintas.

Por un lado están las turberas bajas, solígenas o eutróficas, que dan lugar a turbas ricas en calcio y nutrientes por el arrastre de las aguas. Están compuestas principalmente por cárices, musgos y sfagnos. Están fuertemente descompuestas y son poco recomendables para el uso agrícola. Suelen presentar una baja C.I.C., alta contracción, elevada salinidad, etc.

Por otro lado tenemos las turberas altas, ombrógenas u oligotróficas, que se forman en regiones frías con altas precipitaciones y humedad relativa elevada, por lo que son muy pobres en nutrientes y muy ácidas. Los vegetales que la forman son principalmente sfagnos (representan más del 90 %). Son las que mayor valor agronómico tienen. Según el grado de descomposición se dividen en turba rubia y turba negra.

La primera está ligeramente descompuesta, posee excelentes propiedades físicas y químicas, estructura mullida, elevada porosidad total, alta capacidad de retención de agua, aceptable contenido de aire, baja densidad aparente, alta C.I.C. y baja salinidad.

La turbia negra está fuertemente descompuesta, es de color oscuro y ocupa los estratos inferiores. Posee una calidad inferior por haber perdido parte de su estructura. La congelación mejora su calidad.

Y por último tenemos las turberas de transición que tienen propiedades intermedias entre las turberas bajas y alta (Abad et al., 1993)

Fibra de coco

Es el residuo resultante de la explotación del coco (*Cocos nucifera* L.), para la extracción de fibras. El resultado es polvo y fibras cortas que pueden dar lugar a un buen sustrato agrícola.

Entre las propiedades físicas cabe destacar que tiene una gran capacidad de retención de agua (hasta 3 o 4 veces su peso), una buena porosidad y una baja densidad aparente.

Entre las propiedades químicas y físico-químicas, decir que posee una alta C.I.C. y una gran estabilidad. Esta gran estabilidad es debida a que tiene una gran proporción de lignina y celulosa y muy poca hemicelulosa que es la fracción más susceptible de ser atacada por los microorganismos. Asimismo puede presentar niveles altos de sales debido a la cercanía de los cocoteros a la costa o que en el proceso de lavado se utilice agua del mar.

También hay que decir que los análisis de las propiedades físicas y físico-químicas presentan gran variabilidad, según su procedencia (García et al., 1999).

Lana de roca

Es el producto que resulta de la fundición a 1600 °C y posterior extrusionado de rocas basálticas calcáreas y carbón de coke, el proceso da lugar a unas fibras que se tratan con un aglutinante y un agente hidrófilo para dar estabilidad.

En su composición química entran sílice, óxido de aluminio, calcio, hierro y magnesio. Es considerado como un producto inerte con una C.I.C. casi nula y un pH ligeramente alcalino.

En cuanto a sus propiedades físicas hay que destacar su gran porosidad y alta capacidad de retención de agua, estructura homogénea, y un buen equilibrio aire/agua. La distribución de la humedad y oxigenación dependerá de la distribución de las fibras (vertical, horizontal o crespada) y la altura del sustrato.

Para la siembra en semilleros se utilizan distintos tacos de diferentes tamaños. Por ejemplo el “microplug” es un taco que tiene 2.5 cm de diámetro y una altura de 2 cm. Aunque se puede transplantar directamente, generalmente se usa para germinar y posteriormente transplantar a un taco de mayor volumen (es lo que se conoce con el nombre de repicado). Otros tacos que también nos encontramos en el mercado son 5x5x5, 7.5x7.5x4.5, 10x10x4.5, etc.

Perlita

Material obtenido por tratamiento térmico (1000-1200 °C) de una roca silícea volcánica del grupo de las riolitas. El resultado son unos gránulos blancos, vitrificados, muy ligeros debido a su porosidad ocluida (8,1 % volumen).

En cuanto a las propiedades físicas la perlita posee una baja densidad aparente, y una elevada porosidad.

Y en cuanto a las propiedades químicas la C.I.C. es prácticamente nula (1,5 a 2,5 meq/100g) y el pH neutro (7-7,5).

La perlita se clasifica según el diámetro de las partículas en 4 tipos:

- 1) B-6 y B-9: diámetro de 0 a 1,5 mm. Se diferencian en la densidad (50-60 y 80-90 g/cc respectivamente).
- 2) B-12: diámetro de 0 a 5 mm.
- 3) A-13: diámetro de 3 y 5 mm.

Vermiculita

Se obtiene por exfoliación de un tipo de micas sometidas a temperaturas de 800-1000°C.

Propiedades físicas: buena capacidad de aireación, aunque con el tiempo tiende a compactarse disminuyéndola. Tiene una densidad aparente de 90 a 140 g/cc y un volumen poroso del 95 % (sobre todo microporos, de ahí su alta capacidad de retención de agua).

Propiedades químicas: elevada C.I.C. (90-150 meq/100g) y puede contener hasta un 8 y un 12 % respectivamente de potasio y magnesio asimilables. El pH es neutro.

Se clasifica en número 1, 2, 3 y 4 correspondiente a un tamaño de partícula de 5-6; 2-3; 1-2 y 0,75-1 mm de diámetro respectivamente.

Su uso en semilleros se reduce a aislante y antievaporante. Al final de la siembra se añade una fina capa de vermiculita cubriendo el cepellón y evitamos que se reseque la parte más superficial del sustrato.

2.3. Oxigenación

2.3.1. El uso de peróxidos y peracéticos en la oxigenación radical

Unas buenas prácticas agronómicas que creen un ambiente adecuado para el desarrollo de las plantas es, de por sí, un buen sistema de control de las enfermedades, ya que la patogenicidad frecuentemente aparece con un inadecuado ambiente radical o aéreo, como es el caso de suelos o sustratos pobremente aireados (Chase, 1997). Un ejemplo tipo se muestra con la aparición de la patogenicidad del *Pythium* spp. en estos ambientes pocos aireados o encharcados. Dentro de los productos o métodos de desinfección que ayudan a mantener un adecuado ambiente radical pueden considerarse los derivados de los peróxidos. Así, diversos autores han determinado que pueden contribuir con un notable incremento de la producción y mejora de las condiciones ambientales (Urrestarazu et al., 2005; Urrestarazu y Mazuela, 2005); aspectos que en algunas ocasiones llegan a expresarse en incrementos económicos de hasta el 30 % (Urrestarazu et al., 2006).

Entre los productos desinfectantes, dentro de ciertos límites, se encuentran los peróxidos y los peracéticos, los que, combinando su acción, pueden llegar a reunir algunas características múltiples. Se trata de un procedimiento, dentro de los que se han dado en llamar tecnologías limpias, que no genera residuo alguno, que cumple el papel de desinfección total o parcial, en función de la dosis, y que puede ayudar a mejorar la oxigenación radical. Reunir esta serie de características en un mismo producto, ha hecho interesarse a ciertas empresas del sector sobre la distribución y asesoramiento técnico de estas materias, abriéndose una importante línea I+D+i (Urrestarazu et al., 2006).

Sin embargo, como ocurre con la aplicación de los agroquímicos, el cuidado en el manejo de estos productos ha de extremarse en este caso, no por el hecho de que puedan llegar a contaminar los suelos, las aguas o los propios productos hortícolas, ya que se trata de productos que no generan residuos y son totalmente degradables, sino porque son fitotóxicos. Los límites de toxicidad además son variables en función de los cultivos sobre los que se aplica. Para obtener las ventajas de estos productos y evitar sus inconvenientes derivados del mal manejo, se debe aplicar bajo una supervisión técnica. Por tanto, parece razonable afirmar que se pueden usar estos productos para evitar, o al menos disminuir sensiblemente, la carga de patógenos del agua de riego, a la vez que se obtiene cierto beneficio añadido sobre la oxigenación del ambiente radical. (Urrestarazu et al., 2006)

El progresivo deterioro de los suelos en la horticultura protegida, tiene como consecuencia su agotamiento, contaminación por hongos y salinización.

Por ello, una alternativa ha sido la incorporación de técnicas de cultivo sin suelo.

Los métodos hidropónicos incluyen el uso de sustratos especiales para la producción de frutas y hortalizas y sistemas de recirculación de las soluciones nutritivas.

A pesar de los buenos resultados en producción, sigue habiendo una necesidad de una mayor eficiencia en los sistemas productivos. La investigación debe llevarse a cabo en los aspectos limitantes de la producción, como por ejemplo los causados por la mala aireación en la rizosfera para facilitar la formación radicular (Carrasco y Urrestarazu, 2010).

Existen varios métodos para aumentar la disponibilidad de oxígeno en la rizosfera, entre ellos la aplicación de presión de aire en el agua de riego. Estas técnicas además de prevenir los problemas de aireación, también aumentan la eficiencia en la absorción de nutrientes. Sin embargo, tienen un uso limitado, pues pueden causar fitotoxicidad grave que puede incluso llevar a la muerte de la planta. En el caso de la rúcula (*Eruca sativa* Mill.) que

se consume en ensaladas, se evaluaron diferentes dosis de una mezcla de peroxiacético en la solución nutritiva, donde se vio que 40 mg/l de esta mezcla dio lugar a mejores resultados en la planta en comparación con las cultivadas sin la adición de la mezcla (Carrasco et al., 2010).

El uso de mezclas de peroxiacético tiene diversas funciones en horticultura protegida como por ejemplo:

- La desinfección de la solución de fertirrigación para el control de patógenos (Urrestarazu et al., 2006).
- Aumento de la oxigenación radical debido a los subproductos de la descomposición, H_2O y O_2 que se han evaluado en sistemas de recirculación en cultivos sin suelo (Carrasco et al., 2009).

2.3.2. Importancia de la presencia de oxígeno en el suelo

Existe una estrecha relación entre la velocidad de desarrollo de las plantas cultivadas y las condiciones de aireación del suelo en que están cultivadas. La absorción de agua y de elementos nutritivos del suelo se realiza en gran parte a través de los pelos radicales, cuya superficie exterior total es generalmente mucho mayor que la de las raíces mismas. Los pelos radicales se desarrollan en abundancia en condiciones de aireación apropiada del suelo en el que las plantas se cultivan, pero apenas se encuentran en los suelos encharcados de agua o mal aireados.

La respiración tiene lugar en todos los tejidos vivos y requiere un suministro de oxígeno. Esto no es problema para las partes aéreas de las plantas, inmersas en una atmósfera constituida por oxígeno en una quinta parte. Las raíces, sin embargo, pueden agotar el oxígeno del aire del suelo si éste se encuentra excesivamente húmedo, cuando éste falta se producen condiciones de asfixia. Demasiada agua en el suelo, no solo reduce la cantidad de aire en volumen de poros, sí no que además, reduce sus intercambios con la atmósfera. En tales condiciones el aire del suelo es pobre en oxígeno y rico en CO_2 . Los microorganismos edáficos compiten con las raíces de las plantas por el oxígeno, para utilizarlo en su propia respiración al descomponer los materiales orgánicos del suelo. El suministro de oxígeno en un suelo mal drenado puede ser tan bajo que los procesos vitales se vean drásticamente alterados. Las plantas no llegan a desarrollarse con normalidad y la población microbiana del suelo se

modifica, alterando la mineralización de la materia orgánica, lo que puede producir la aparición de sustancias tóxicas para los vegetales. Las condiciones reductoras en el suelo provocan también que los procesos formadores de éste se modifiquen y se produzcan movilizaciones de hierro y manganeso. Un suelo saturado de agua puede ser rico en nutrientes y, sin embargo, producir pobres cosechas debido a la falta de oxígeno en el aire que contiene.

El oxígeno se incorpora al interior del suelo, en estado disuelto, mediante la lluvia, pero esta aportación es mínima en frente de la gran cantidad de CO₂ que producen las raíces y la actividad microbiana. El contenido de CO₂ aumenta con la profundidad pero como los procesos biológicos tienen lugar fundamentalmente en la parte superficial, es necesario que ésta tenga una concentración adecuada de oxígeno (Documento Técnico *Manvert Liberoxi*).

La concentración total de CO₂ y de O₂ en el suelo no es constante por lo que hay una cierta compensación entre las concentraciones de los dos gases, de tal manera que, cuando la proporción de oxígeno es baja, la de carbónico es generalmente alta, a causa de la actividad biológica.

2.3.3. Causas de la falta de oxígeno en el suelo

El enfoque inicial de los estudios de fertilidad era únicamente químico. Posteriormente se ha ido dando más importancia a las propiedades físicas del suelo en relación con el desarrollo del sistema radicular. La degradación y la compactación del suelo puede llegar a impedir el paso de las raíces que verán limitado el volumen de suelo que pueden explorar.

Degradación. La degradación de la estructura del suelo comporta una disminución de la macroporosidad, y esto tiene consecuencias importantes sobre la actividad microbiana del suelo y la vida de las plantas. Si se compara la composición del aire atmosférico con la del aire del suelo se observa que, mientras el contenido de nitrógeno es el mismo, en el suelo hay una concentración más elevada de CO₂ y más pequeña de O₂ que en la atmósfera, y además los macroporos por donde podría circular el aire frecuentemente están saturados de agua. Las plantas absorben CO₂ a través de los estomas de sus hojas, pero también lo segregan, principalmente por sus raíces. Es preciso evitar que el anhídrido carbónico segregado por las raíces de la planta, conjuntamente con el producido al descomponerse la materia orgánica del

suelo, se acumule hasta el punto en que llegue a interferir el crecimiento de las raíces y las actividades normales de los microorganismos del suelo.

Los procesos de ventilación deben actuar de modo continuo para conseguir la renovación del aire de todos los puntos en que éste está en contacto con las plantas.

El crecimiento de las plantas se suele relacionar más directamente con la disponibilidad de nutrientes en el suelo que con las condiciones físicas de éste. La fertilidad del suelo es un factor importantísimo para el buen desarrollo de las plantas, ya que puede haber nutrientes en el suelo pero debido a una degradación de la fertilidad física del suelo no se encuentran a disposición de la planta.

Al hablar de degradación de la fertilidad física del suelo se está haciendo referencia a las acciones antrópicas directas o indirectas, que pueden provocar un deterioro de las propiedades físicas que afectan directamente al crecimiento de las plantas: agua disponible, suministro de oxígeno, temperatura y resistencia mecánica. Estos factores de control directo se ven afectados por otros cuya acción es indirecta sobre el crecimiento de la planta: densidad aparente, textura, estructura y estabilidad de los agregados, porosidad, distribución de tamaño de huecos e interconexiones entre ellos. Uno de los factores más importantes de la fertilidad física del suelo es la porosidad que va ligada a la densidad aparente. Es necesaria una porosidad adecuada para asegurar una buena irrigación de las raíces y a la vez una buena aireación del suelo donde las raíces realizan su actividad.

Compactación. La compactación en sentido dinámico es un proceso mediante el cual se produce una compresión de un suelo no saturado, durante la cual disminuye la fracción de volumen de huecos y, consiguientemente, aumenta la densidad aparente. La utilización de forma frecuente de maquinaria agrícola pesada para realizar determinadas tareas en el campo provoca una compactación progresiva del suelo. Esto provoca una disminución de la porosidad y por tanto una disminución de la capacidad de circulación de aire y por tanto de renovación del oxígeno. Si además se pasa a un sistema de no laboreo del campo para eliminar las malas hierbas con herbicidas el problema de compactación se acentúa.

El peso de la maquinaria obliga a utilizarla cuando el suelo no está muy húmedo, ya que si se hiciera destruiría la estructura del suelo y se compactaría. El suministro de agua y de oxígeno esta controlado por características físicas como estructura, porosidad, textura, capacidad de retención de humedad. Así, se debe tener en cuenta, por ejemplo, que los suelos arcillosos pueden tener una aireación insuficiente si están muy húmedos, la infiltración y la permeabilidad pueden ser lentas, son difíciles de labrar, si están muy secos, o no se pueden labrar, si están demasiado húmedos.

2.3.4. Efectos de la falta de oxígeno en el suelo

El anegamiento de un suelo que contiene materia orgánica degradable causa la aparición de condiciones anaerobias, porque los microorganismos del suelo, al descomponer la materia orgánica consumirán el oxígeno libre disuelto en el agua del suelo mucho más rápidamente de lo que el oxígeno atmosférico puede difundirse dentro de un suelo mojado. Esta carencia de oxígeno causará que algunas especies de bacterias realicen reducciones químicas que pueden afectar al crecimiento vegetal.

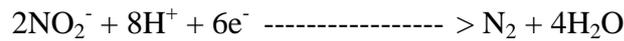
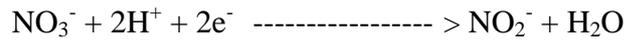
Los organismos obtienen la energía que necesitan para sus procesos vitales a través de una serie de reacciones químicas que implican la transferencia de electrones desde sustancias que sirven de fuente de energía a sustancias que pueden transformarse en productos de respiración. Por ejemplo, la glucosa es una fuente de electrones cuando se oxida a ácido pirúvico en el primer paso de su degradación a ácido carbónico



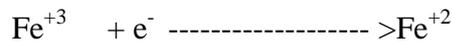
Si los organismos están respirando aeróbicamente, el receptor final de electrones es el oxígeno, que acepta electrones y se combina con iones hidrógeno para dar agua.



En ausencia de oxígeno libre, otras diversas sustancias pueden aceptar electrones y formar parte en una reacción de reducción. Algunos iones que contienen oxígeno, como el nitrato y el sulfato, pueden aceptar electrones y perder oxígeno, así:



Algunos cationes de alta valencia pueden aceptar electrones y reducirse a un estado de valencia inferior. Por ejemplo:



Finalmente el mismo ión hidrógeno puede aceptar un electrón para convertirse en hidrógeno gas.



Las principales reducciones de un suelo cuando se vuelve anaerobio son:

- Nitrato a nitrito.
- Sales mangánicas y dióxido de manganeso a iones manganosos.
- Hidróxido férrico a iones ferroso.
- Iones hidrógeno a hidrógeno gas.
- Sulfato a sulfito y sulfuro.

2.3.5. Consecuencias de la falta de oxígeno en el suelo

En condiciones de buena aireación del suelo el nitrógeno se mineraliza. La mineralización incluye dos procesos:

- Amonificación (paso del nitrógeno orgánico a nitrógeno amoniacal).
- Nitrificación (proceso por el cual se pasa de amonio a nitrato).

El proceso inverso a la mineralización es la desnitrificación. Se produce cuando las condiciones son anaeróbicas. El nitrato puede ser reducido a formas gaseosas que se van a la

atmósfera mediante el proceso de desnitrificación. En condiciones anaerobias ciertas bacterias que normalmente utilizan el oxígeno atmosférico son capaces de utilizar el que hay combinado en los nitratos, reduciéndolos. Así, cualquier nitrato producido en el suelo o añadido al mismo desaparecerá del terreno si éste se satura de agua y permanece así durante un periodo considerable de tiempo.

La falta de oxígeno en el suelo crea condiciones reductoras susceptibles de afectar la asimilabilidad de ciertos microelementos (la asimilabilidad de Fe y Mn es mejor en suelo saturado de humedad) pero por otra parte el sistema radicular es directamente afectado y por lo tanto las posibilidades de captación de microelementos se ven reducidas. La falta de oxígeno no permite a la planta absorber el Fe y Mn, aunque se encuentren en su forma reducida que es como la planta los absorbe.

Los iones hidrógeno (H^+) que disminuyen el pH alrededor de las raíces desaparecen ya que se forma hidrógeno gas (H_2) con lo cual las condiciones de pH (bajo) necesarias para la absorción de determinados microelementos desaparecen.

La planta absorbe el azufre en forma de ión sulfato, aunque dentro de la planta sufre una reducción y es asimilado como ión sulfuro. Las condiciones anaeróbicas del suelo favorecen la reducción de sulfatos a sulfuros los cuales pasan a ser ácido sulfhídrico, por una fermentación anaerobia, que es tóxico para la planta.

Las condiciones anaerobias fuerzan a las raíces a una respiración anaerobia cuyo efecto es la acumulación en la planta de cantidades tóxicas de acetaldehído, etanol, etc. En las raíces que contienen glucosa, como las del manzano, puede producirse una fermentación alcohólica.

Las condiciones anaeróbicas provocan también una producción insuficiente de ATP, que es la fuente de energía de muchos de los procesos vitales de la planta. El ATP es un almacén de la energía que proporciona la fotosíntesis. La mala nutrición provocada por condiciones de falta de oxígeno provocan una degradación de los cloroplastos (que se evidencia por las clorosis que presentan las plantas) y por tanto una fotosíntesis deficiente lo que lleva a una menor formación de ATP (Documento técnico *Manvert Liberoxi*).

En definitiva la sintomatología de la falta de oxígeno es la siguiente:

Sintomatología en la parte aérea:

El exceso de humedad o el estancamiento de agua en el suelo producen en el follaje coloraciones amarillas, rojas o púrpuras idénticas a las producidas por una deficiencia de nitrógeno o fósforo, o también por clorosis análogas a las que determinan las carencias de Fe y Mn. Pueden aparecer igualmente necrosis marginales parecidas a las causadas por una deficiencia de potasio.

En suelos excesivamente húmedos, los árboles frutales y las vides se achaparran y decaen, mostrando signos de marcada clorosis (fotografía 2.1.).

Sintomatología radicular:

Las raíces sucumben a veces por asfixia y, en ausencia de oxígeno, se producen fermentaciones aerobias que dan lugar a la formación de compuestos azufrados tóxicos (ácido sulfhídrico). En las raíces que contiene glucosa, como la del manzano, puede producirse una fermentación alcohólica.

Cuando las raíces se encuentran con una deficiencia de oxígeno tienden a desarrollarse en la dirección de máximo gradiente de oxígeno y escapando de la zona de escasez de éste. Así podemos observar sistemas radicales que en vez de crecer hacia abajo sus raíces crecen hacia arriba.

Sintomatología del suelo:

Los colores de los distintos suelos están íntimamente relacionados con sus condiciones de aireación.

En suelos bien drenados los compuestos de hierro son oxidados pasando al estado férrico, lo cual viene indicado por las coloraciones rojas, amarillas o castañas. Faltando un buen drenaje, los suelos tienden a volverse grises, teniendo frecuentemente un subsuelo gris verdoso o moteado (indica que hay condiciones anaerobios ya que el hierro se encuentra reducido).

Los suelos minerales de color castaño son de especial interés en las regiones húmedas, ya que indican, tanto buena aireación como buen porcentaje de materia orgánica.

En general una falta de oxígeno en las raíces produce carencias de prácticamente todos los nutrientes ya que las raíces son incapaces de absorber nada si no hay presencia de oxígeno.

Fotografía 2.1. Síntomas de deficiencias en tomate.



2.3.6. La aireación de las raíces en los cultivos sin suelo. Influencia de la temperatura

En los cultivos sin suelo mediterráneos, y más en concreto en los del litoral almeriense, se dan las condiciones propicias para que ocurran condiciones de hipoxia. Como son la restricción del volumen del medio de cultivo, la elevada densidad radicular, los niveles bajos de porosidad llena de aire, la concentración salina elevada, la solución nutritiva con baja concentración de oxígeno disuelto y las elevadas temperaturas. Sobre estas últimas y relacionada con la disponibilidad de oxígeno la correlación es inversa, de forma que en una disolución nutritiva disminuye el oxígeno disuelto conforme aumenta de temperatura,

mientras que el efecto contrario ocurre con la capacidad de difusión del mismo, por lo que en parte estos fenómenos se compensan sin llegar a equilibrarse. Por todo ello concluimos que debemos mantener la disponibilidad de oxígeno de la rizosfera constante, de forma esquemática podemos realizar un balance como indica la tabla 2.1:

Tabla 2.1. Disponibilidad de oxígeno en la rizosfera.

Factores que afectan a la demanda del aparato radical	Factores que afectan a la oferta posible desde la disolución nutritiva
Aumenta con la temperatura del sustrato	Disminuye solubilidad del O ₂ con la temperatura
Aumenta con la radiación solar	Aumenta la velocidad de difusión del O ₂ con la temperatura

Fuente: Urrestarazu, 2004

Los síntomas de la falta de aireación en la solución se expresan, antes de que la parte aérea de la planta evidencie dicho problema, un color pardo de las raíces, así como el aumento del crecimiento de las raíces en el interior del taco del sustrato en el caso de que este sea usado para el trasplante.

Respecto a la temperatura ya hemos comentado que juega un papel muy importante sobre el oxígeno en la disolución nutritiva, por ello es difícil discernir cuando la temperatura juega un papel importante de por sí, o lo hace a través de su efecto en relación con la limitación de la cantidad de oxígeno presente en la rizosfera. Se ha descrito una fuerte disminución en la absorción de diversos nutrientes como N, P, K y Ca en cultivos hidropónicos cuando la temperatura es baja de unos 10 a 13 °C (Chu y Toop, 1975), (Cornillon, 1980), (Engels y Marschner, 1990), (Cornillon y Fellahi, 1993), (Cornillon y Obeid, 1993), (Engels, 1993), en los mismos trabajos mencionados y de otros como los de Adams y Massey (1984), se puede deducir que cuando la temperatura se sitúa sobre los 20 a 25 °C (hasta los 30 °C según el caso) parece que se incrementa fuertemente esta absorción, y no existe una gran fluctuación en su influencia dentro de estos márgenes. Por encima de estas temperaturas no se permite un buen desarrollo de las plantas en cultivos hidropónicos, provocando algunos efectos no deseados como la subida a flor en los cultivos de lechuga.

2.3.7. Espacio poroso. Intercambios aire-agua. Difusión de oxígeno.

En los cultivos sin suelo (CSS) el sistema radical está confinado en un contenedor, en donde el volumen de la rizosfera es reducido. Este confinamiento y restricción obliga a usar sustratos, que aseguren la disponibilidad de agua y oxígeno a las raíces, por lo cual tendrán unas propiedades físicas específicas y diferenciadas del resto de los suelos naturales. Complementariamente el fertirriego de los CSS deberá favorecer la disponibilidad de agua y de oxígeno para el sistema radical (Marfá, 1997).

El agotamiento del agua y del oxígeno en el medio de los CSS evoluciona según una escala temporal acelerada, sobre todo, si las tasas transpiratorias y de respiración radical son elevadas. Estas circunstancias propias del clima mediterráneo coinciden además con demandas evaporativas ambientales elevadas y con temperaturas y/o salinidad elevadas en el medio radicular. Por ello, en los CSS de la zona pueden darse cambios bruscos desde situaciones de "confort" a "estrés" hídrico y también en la disponibilidad de oxígeno a nivel de la rizosfera (Marfá, 1998).

Para garantizar contenidos adecuados de aire y de agua, los sustratos deben tener una granulometría tal que el espacio poroso total sea superior a 0,75 ml/ml y que el tamaño medio de los poros esté comprendido entre 30 y 300 μm (Orozco et al., 1997). Para cumplir con estas condiciones el diámetro geométrico medio de las partículas debe estar comprendido entre 5 y 0,25 μm y la distribución de los tamaños de las partículas debe evitar posibles empaquetamientos que den lugar a una reducción de la porosidad interparticular.

Dichas características determinan que los sustratos liberen una considerable cantidad de agua en un intervalo de potencial matricial reducido, entre -1 y -10 kPa (equivalente a -10 y a -100 cm de columna de agua). El contenido volumétrico equivalente al agua disponible, debería ser mayor de 0,30 ml/ml. Pero el volumen de macroporos debe ser suficiente para que el contenido volumétrico lleno de aire a -1 kPa de potencial matricial sea mayor de 0,20 ml ml^{-1} para garantizar la correcta oxigenación de raíces. Todas estas relaciones aire-agua dependerán del tipo de sustrato en cuestión.

Cuando se parte de la saturación del sustrato el agua retenida por la matriz porosa

(sustrato) no se libera hasta que la succión externa alcanza un valor umbral denominado "potencial de entrada de aire" del sustrato. En sustratos con textura fina o intermedia y en aquellos que presentan empaquetamiento de partículas dicho potencial de entrada puede presentar valores superiores a 1 kPa. Esto refleja la posible existencia de condiciones bien cuando el consumo de agua por parte de las raíces es lento. Sustratos como arenas de grano fino o turbas negras pueden ocasionar esta problemática (Marfá y Orozco, 1995).

Dentro de los sustratos se dan condiciones dinámicas y por tanto cambiantes. El flujo del agua y aire en el sustrato o entre el sustrato y las raíces depende no sólo del gradiente del potencial matricial del agua o de concentración de oxígeno, sino que además depende de la capacidad del medio físico de transmitir agua o aire, según su naturaleza y estado de humectación. La capacidad de transmitir agua se llama conductividad hidráulica, y depende de la humedad y la naturaleza intrínseca del sustrato representándose con el denominado índice de tortuosidad (α), mientras que el inverso es denominado efectividad al flujo de agua (γ). Por lo que se refiere a la fase gaseosa la difusividad relativa de un gas en un sustrato (D_s/D_o), respecto de la difusión en el aire, es función del índice de efectividad al flujo de gas (γ^*), que es el inverso de la tortuosidad (C^*) y función exponencial (p) de la porosidad llena de aire (AFP) (King y Smith, 1987):

$$D_s/D_o = \gamma^* \cdot AFP$$

Empíricamente la tasa de difusión de oxígeno (ODR) para los sustratos más comunes se representa mediante la expresión (Bunt, 1991):

$$ODR = 10 + AFP^{1,85}$$

Dicha tasa es aproximadamente igual al cuadrado de la porosidad llena de aire. Es decir que la capacidad de reposición del oxígeno en el espacio poroso de un sustrato varía en razón del cuadrado de la AFP. Por lo que contar con esta escala de variación de la difusión el oxígeno en un sustrato es de gran utilidad para poder realizar un manejo del riego que garantice la aireación del sistema radicular, para cada una de las combinaciones sustrato-contenedor utilizada. Valores de ODR superiores a $80 \cdot 10^{-8}$ g O₂ /cm²min se consideran adecuados y valores menores de $25 \cdot 10^{-8}$ g O₂ /cm²min empiezan a ser limitantes. Puesto que entre el oxígeno en la fase gaseosa del sustrato y el de la fase líquida (disuelto) se establece un

equilibrio, medidas sucesivas de oxígeno disuelto en la solución del sustrato pueden ser un buen indicador de la dinámica del oxígeno en el mismo (Marfá, 1990; Riviéree et al., 1993; Morard, 1995).

La difusión del oxígeno en el aire es del orden de 10^4 veces la del oxígeno en el agua. Por tanto la reposición del oxígeno en el sustrato depende en gran medida de la porosidad llena de aire del mismo y también de la morfología de la matriz porosa. Pero cuando el agua ocupa la mayor parte del espacio poroso de un sustrato el agotamiento del oxígeno en la fase líquida y en la fase gaseosa de los microporos tiene lugar de forma exponencial y lleva asociado un aumento de la concentración de CO_2 y de otros gases tales como etileno y metano resultado de las condiciones reductoras del medio, y también se producen alteraciones del pH (Veen, 1998), predominando los fenómenos de difusión sobre los de flujo de masa y siendo la reposición del oxígeno lenta. Las condiciones de hipoxia tienen lugar cuando la presión parcial de oxígeno está entre el 4 y el 1 % (Morard, 1995) y/o bien cuando la concentración en la solución del sustrato se sitúa por debajo de 3 ppm. Por lo que la persistencia de estas bajas concentraciones a nivel de la rizosfera puede inducir alteraciones en la fisiología de las plantas.

2.3.8. Relaciones oxígeno-rizosfera en los cultivos en sustratos

La solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura, de la presión parcial de dicho gas, de la presión atmosférica, de la salinidad del agua y de la superficie del agua expuesta al aire. En condiciones normales (20 °C, 1 atmósfera de presión y aire no enrarecido de oxígeno), la cantidad máxima de oxígeno disuelto es de 9 ppm, cantidad que disminuye con la temperatura y con la concentración de sales disueltas principalmente. Por otra parte la respiración radical aumenta con la temperatura y con la concentración salina de la solución de la rizosfera. En general la denominada hipoxia tiene lugar cuando la respiración radical empieza a verse perturbada por deficiencia de oxígeno, no por ausencia total de mismo.

Las causas de la hipoxia radican por una parte en el propio medio de cultivo y por otra en la planta. Por lo que se refiere a la primera, además de los aspectos físicos ya descritos, interviene también, en el agotamiento, la actividad respiratoria microbiana del sustrato, estableciendo una competencia por el oxígeno con la propia planta. Sobre todo en sustratos orgánicos con elevada actividad microbiana, asociada a la inmadurez de la materia orgánica.

Estudios relativos a la evolución del contenido de oxígeno en la solución de la rizosfera permiten diferenciar tres etapas en las curvas de agotamiento del mismo. En la primera etapa el descenso es lineal hasta alcanzar una presión parcial entre 4 y 6 %; en la segunda el descenso es más lento y la tasa respiratoria radicales progresivamente más lenta hasta que la presión parcial alcanza el 1 %; finalmente se alcanza una evolución asintótica alrededor del 1 %, siendo dicha presión parcial la que se corresponde con el límite de utilización del oxígeno por parte de la mayoría de las especies hortícolas (Morard, 1995). Desde el inicio de la segunda fase, asociada a la hipoxia, aumenta la expulsión de CO₂ por parte de la planta y también aumenta la concentración de etileno en la rizosfera.

Bajo condiciones de hipoxia se observan cambios morfológicos/estructurales como epinastia, clorosis, acortamiento de entrenudos, disminución del crecimiento y necrosis radicular, descenso de los contenidos minerales, reducción de la cosecha, etc., también tienen lugar cambios fisiológicos/ metabólicos, de base hormonal, que conducen al cierre estomático asociado al aumento de ácido abscísico, al descenso del contenido de giberelinas y además se detectan aumentos de la producción de etileno endógeno. Observándose también una disminución de la permeabilidad radical y el transporte radial de iones se inhibe fuertemente.

2.3.9. Mejora de la oxigenación de la rizosfera en cultivo sin suelo (CSS)

El agotamiento del oxígeno disuelto debido a la respiración radical tiene lugar de forma acelerada en las condiciones propias de los CSS, causado en parte por la lenta difusión de oxígeno. En cultivos en lámina de agua, como el (NFT), o bien en sustratos con AFP limitada y con una elevada densidad radicular, es aconsejable airear la solución nutritiva con objeto de saturarla de oxígeno de alguna forma de las vistas anteriormente.

2.3.10. Medidas del oxígeno en la rizosfera. Soluciones oxigenadas sobresaturadas

Como la medida de la DOR es costosa, compleja y sujeta a una elevada variabilidad, su valor puede estimarse a partir de la medida de la AFP del sustrato, siendo una medida destructiva, por lo que no permite tener una información localizada, representativa y descriptiva de la solución en el tiempo de la oxigenación de la rizosfera. Consecuentemente es preferible medir la concentración de oxígeno disuelto en la solución del sustrato. Para que esta medida proporcione información acorde con la escala temporal acelerada que ocurre en

los sustratos, es necesario obtener "in situ" muestras de pequeño volumen alterando lo menos posible el medio y midiendo de manera precisa y rápida la concentración de oxígeno disuelto.

En los experimentos preliminares llevados a cabo por Marfá y Guri (1999) sobre la concentración de oxígeno disuelto en diferentes sustratos después de aplicar diferentes concentraciones a través del riego por goteo, les condujo a la elección de un intervalo óptimo de entre 13 y 16 ppm.

2.3.11. Evolución del oxígeno en la rizosfera de diferentes CSS mediterráneos.

Las condiciones de oxigenación de la rizosfera en CSS en el litoral mediterráneo y su evolución durante el día fue estudiado a través de la medida de la concentración de oxígeno disuelto en diferentes situaciones, obteniéndose resultados que coinciden con las hipótesis teóricas.

Experimentalmente se observaron distintos cultivos como (clavel, tomate y melón) y diferentes sustratos tales como (perlita, lana de roca y fibra de coco). Concluyéndose que en sustratos de textura fina el descenso de la concentración de oxígeno al mediodía era más acusado que en sustratos de textura gruesa con mayor AFP. A su vez el mayor descenso de la concentración de oxígeno disuelto en la solución del sustrato se producía durante las horas del medio día solar con concentraciones próximas al límite aceptable. Por otra parte los resultados mostraron una mayor concentración de oxígeno disuelto en sustratos con fertirriego y oxigenados respecto de aquellos otros sin aplicación externa de oxígeno, a pesar de que en ambos casos se registraba un descenso de la concentración a medida que avanza el día (Marfá y Guri, 1999).

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Características botánicas de las especies cultivadas

3.1.1. Melón

Generalidades

La procedencia del melón (*Cucumis melo* L.) no está muy clara, algunos autores la sitúan en África y otros en Asia.

Su introducción en Europa tuvo lugar a través del imperio romano. Durante la Edad Media el melón desapareció como cultivo en Europa, con excepción de la Península Ibérica, donde fue reintroducido por los árabes.

Descripción botánica

La planta es anual, trepadora y vellosa. Forma un sistema radical extenso y superficial. Las hojas son grandes, de hasta 15 cm de diámetro, situadas sobre un peciolo largo de unos 10 cm. Los tallos están surcados y los zarcillos surgen de las axilas foliares (Langer y Hills, 1987).

Sus hojas recubiertas de pelos y de tacto áspero se caracterizan por presentar un limbo pentagonal, dividido en 3-7 lóbulos y con los márgenes dentados.

De las axilas de las hojas del tallo principal nacen las ramificaciones secundarias, el resto de ramificaciones se desarrolla normalmente poco, evolucionando a ramas fructíferas tanto más cuanto más alejadas estén de la base de la planta. A partir del cuarto nudo aparecen las flores masculinas.

Las ramificaciones terciarias, que surgen a partir de las secundarias, son fructíferas y llevan flores femeninas o hermafroditas y también flores masculinas.

Exigencias en clima y suelo

Es una planta muy exigente en temperatura. La temperatura mínima, para que se produzca su germinación, es de 15,5 °C y el intervalo óptimo de germinación se encuentra entre 24-32 °C. La temperatura óptima de crecimiento vegetativo se sitúa entre 18-24 °C (Maroto, 1995).

En cuanto a la humedad, los niveles apropiados oscilan en un 60-70 %, niveles superiores o inferiores a éstos ocasionan efectos negativos en su desarrollo.

Es una planta muy exigente en iluminación.

Se considera un cultivo moderadamente resistente a la salinidad.

Material vegetal

La variedad empleada de melón fue ABELLÁN, tipo Galia de planta fuerte y compacta, con frutas redondas con peso entre 0,8 y 1,1 kg, y un escriturado poco profundo y denso.

Carne de color verde, presentando una cavidad interna pequeña. Alto contenido en azúcar y buena conservación.

Resistente a Fusarium 0-1-2, MNSV, tolerancia a Oidio.

Especialmente indicado para plantaciones tempranas al aire libre.

3.1.2. Judía

Generalidades

Se trata de una leguminosa cuyo cultivo data del año 5000 a. de C. Procede de América, más concretamente de Méjico, América Central, Perú, Ecuador y Bolivia, y fue traída a Europa por los españoles en el siglo XVI.

El consumo de la judía se realiza como grano seco, aunque esta es la modalidad de aprovechamiento que se considera como cultivo extensivo.

Otra forma de aprovechamiento es en verde o tierna, cuyo cultivo se considera netamente hortícola. Para tal fin, se recolecta en una fase anterior a la granación total de sus semillas y en estado de vainas tiernas, pudiendo de esta forma aprovecharse para consumo directo, o bien para la industria de conservación y de congelación.

El cultivo de la judía verde en España se ha incrementado notablemente en los últimos treinta años, aunque en los últimos años a disminuido por la causa de virus, siendo una parte importante de la producción española de la misma destinada a la exportación.

Las principales zonas de producción están centradas en las provincias de Granada, Almería y Málaga; teniendo gran importancia la campaña de invierno, donde los precios pueden superar la barrera de 6 euros/kg. Otras zonas de relevancia pero de menor escala, el norte de España como el País Vasco, Galicia y Cataluña, donde se centra en la campaña primavera-verano.

Los países receptores de judía verde procedentes de nuestro país, son sobretodo Francia, Holanda, Alemania, Suiza y Reino Unido (Maroto, 1995).

Descripción botánica

Su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L., de la familia *Leguminosae*. Se trata de un vegetal anual, de germinación epigea, sistema radicular muy desarrollado fasciculadamente, que noduliza como consecuencia de la simbiosis con las cepas de *Rhizobium phaseoli*.

Posee un desarrollo rápido, sus tallos tienen un tamaño generalmente delgado, y estos pueden tener un tamaño variado dependiendo que se trate de una variedad de enrame o de variedades enanas. Las hojas se encuentran trifoliadas, con un pecíolo largo que termina en tres folíolos grandes, más o menos triangulares, acabado en punta y de superficie ligeramente áspera.

Tiene inflorescencias terminales en racimos en las variedades enanas y axilares en las variedades de enrame. Las corolas son de color variable, oscilando entre blanco, rosa... (Maroto, 1995), aunque de color único para cada variedad (Serrano, 1996).

Las semillas suelen tener forma arriñonada y globulosa, de colores variados al igual que sus dimensiones. Normalmente un peso medio de 1000 semillas oscila alrededor de 500 g, siendo la capacidad germinativa de las mismas de tres años por término medio.

La fecundación de las judías es fundamentalmente autógena, con menos de un cinco por ciento de alogamia (Maroto, 1995). La fructificación se produce en legumbres de vainas alargadas, de sección aplanada o redondeada y color variables.

Por su porte, las variedades pueden ser de mata baja o enanas, pertenecientes a la subespecie *nanas*, cuyo tallo queda determinado por un racimo floral, a una altura no superior a 50 cm; y de enrame, pertenecientes a la subespecie *volúbilis*, de tallo indeterminado y trepador.

Exigencias en clima y suelo

La judía es una planta que normalmente se encuentra en climas cálidos. La temperatura de germinación más normal es de 14 °C, estando su cero vegetativo comprendido entre los 8 y los 10 °C. El efecto de las heladas es bastante considerable, por muy ligeras que estas sean.

Cuando las temperaturas son demasiado altas (28-30 °C), y están unidas a humedades bajas, pueden provocar caída de flores, incluso caída de vainas recién cuajadas. Cuando se producen grandes fluctuaciones climáticas, como descensos bruscos de temperatura, se produce la formación de vainas retorcidas y con un desarrollo escaso. Esto se conoce con el nombre de vainas en “ganchillo”.

La humedad relativa óptima del aire en el invernadero durante la primera fase de cultivo es del 60 % al 65 %, y posteriormente oscila entre el 65 y el 70 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la

fecundación. Es importante que se mantenga sin excesivas oscilaciones de humedad, influye en el cuajado del fruto.

El viento también provoca efectos negativos en el cultivo, se observan mermas de producción, cuando la acción de este se produce en etapas tempranas, estas mermas son debidas a daños mecánicos y abrasivos en las hojas fundamentalmente. Los daños también son considerables cuando se encuentra el cultivo en época de floración, provocando la pérdida de flores y de vainas recién cuajadas.

Es una planta de día corto, aunque en las condiciones de invernadero no le afecta la duración del día. No obstante, la luminosidad condiciona la fotosíntesis, soportando temperaturas más elevadas cuanto mayor es aquélla, siempre que la humedad relativa sea adecuada.

Aunque admite una amplia gama de suelos, los más indicados son los suelos ligeros, de textura silíceo-limosa, con buen drenaje y ricos en materia orgánica. En suelos fuertemente arcillosos, muy calizos y demasiado salinos vegeta deficientemente, siendo muy sensible a los encharcamientos, de forma que un riego excesivo puede ser suficiente para dañar el cultivo, quedando la planta de color pajizo y achaparrada.

Los valores de pH óptimos oscilan entre 6 y 7,5, aunque en suelo enarenado desarrolla bien con valores de hasta 8,5.

Es una de las especies hortícolas más sensibles a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, sufriendo importantes mermas en la cosecha. No obstante, el cultivo en enarenado y la aplicación del riego localizado, pueden reducir bastante este problema, aunque con ciertas limitaciones.

Material vegetal

La variedad empleada fue FÁBULA, tipo Perona, semilarga, de vaina estrecha.

Indicada para plantaciones de agosto-septiembre y febrero-marzo.

Resistente al virus de la judía BCMV.

3.2. Descripción del sistema invernadero

3.2.1. Situación y orientación

La experimentación se ha realizado dentro del recinto de la Universidad de Almería en un invernadero tipo multitúnel, cuya estructura consta de cuatro naves, en una de las cuales se ha llevado a cabo la experiencia.

Fotografía 3.1. Invernadero



El invernadero presenta una orientación de 325° siguiendo la línea longitudinal del mismo, en la dirección N-S.

3.2.2. Estructura y dimensiones

La estructura del invernadero está formada por pies derechos y arcos, cuyas dimensiones son de 2 m de alto para los pies derechos, 8 m de cuerda y 1,25 m de flecha para los arcos. El número de pies derechos en cada lateral es de siete, cuya separación es de 4 m para los situados en los extremos mientras que en los dos del centro la separación es tan sólo de 2 m.

La anchura del módulo es de 6,40 m, la longitud es de 20 m, una altura de canal de 3 m, y 4 m de cenit.

La puerta de acceso al invernadero es doble, centrada, orientada al sur y de 2 m de ancho.

Las ventajas que ofrece este tipo de túneles (Serrano, 1994), son:

- Gran diafanidad, por los pocos obstáculos que tiene en su estructura.
- Buen control de la temperatura.
- Buen reparto de la luminosidad.
- Fácil evacuación del agua de lluvia.
- Buena estanqueidad al agua de lluvia.

3.2.3. Descripción del semillero

Un semillero se define como una superficie reducida de terreno que hallándose resguardado de las inclemencias del tiempo permite la producción de plántulas obtenidas a partir de semillas, que una vez germinadas y la plántula emergida, son transplantadas al terreno de asiento con las mejores garantías de desarrollo (Reche, 1994).

Los semilleros se utilizan para facilitar la germinación de las semillas que debidas a sus necesidades necesitan una serie de cuidados especiales que no están garantizados en un invernadero como son:

- Protección frente a las inclemencias del tiempo.
- Permanente asistencia.
- Cuidado especial frente a los distintos agentes que pueden llegar a dañarlas de forma irremediable.

El semillero donde se ha llevado a cabo el experimento se encuentra ubicado en la parte central de uno de los módulos del invernadero multitúnel (anteriormente descrito). Se han dispuesto las bandejas de poliestireno sobre unas macetas que han servido de base. Las bandejas eran de 50 x 70 cm, idénticas a las utilizadas por los semilleros comerciales, para la

siembra de semillas. Cada una de las bandejas constaba de 150 alvéolos, con un volumen cada uno de 73,5 cm³.

3.3. Descripción del sistema de riego utilizado

Las bandejas de semillero estaban dispuestas sobre otras bandejas recipiente donde, cubiertas estas últimas por un plástico, iba a parar el drenaje (fotografía 3.2).

Los niveles de solución nutritiva necesarios para el riego variarán según los requerimientos de la planta, aunque habremos siempre de tener muy en cuenta que el volumen de drenaje obtenido debe ser aproximadamente un 20 % de la solución nutritiva utilizada para el riego.

La forma de riego utilizada en esta experiencia ha sido manual, mediante una regadera de 2,5 l de capacidad, procurando siempre que el riego fuera lo más uniforme posible para no restar exactitud a la experiencia.

Fotografía 3.2. Bandeja semillero sobre bandeja recipiente.



3.4. Características del agua de riego utilizada y disolución nutritiva

3.4.1. Agua de riego

A la hora de iniciar un cultivo es fundamental conocer la composición química del agua que vamos a utilizar para el riego, dado que el agua puede ser uno de los principales factores limitantes de determinados cultivos hortícolas.

Incluso cuando conocemos la composición del agua que usamos, es conveniente hacer un análisis cada cierto tiempo para cerciorarnos que no se ha producido variación en su composición.

Las características que se deben analizar del agua de riego a utilizar son las siguientes:

- **Conductividad eléctrica (CE):** Tiene relación directa con la cantidad total de sales que existen disueltas en el agua. A mayor concentración de sales mayor CE; se expresa en las unidades de mS/cm o dS/m.

El contenido de sales puede ser peligroso cuando pasa por encima de 1 g/l, contabilizándose en esta cifra todos los iones existentes. El agua de riego será tanto más efectiva cuanto menor sea su salinidad o CE

- **pH:** Su valor altera la absorción vegetal por su influencia sobre el estado de asimilación del nutriente o la cantidad disponible del mismo. Se considera un rango de pH óptimo para el funcionamiento de las plantas: 6-6,5.
Se consigue reducir el pH de las aguas de riego mediante la adición de ácidos, en este caso se utilizó el ácido nítrico (HNO_3).
- **Iones:** Expresa la concentración de los aniones y cationes existentes en el agua, la cuales hay que tener en cuenta para el posterior cálculo de la solución nutritiva óptima para el cultivo.

El agua utilizada en el ensayo es un agua de buena calidad, siendo su composición química la que se muestra a continuación:

Tabla 3.1. Análisis fisicoquímico y químico del agua de riego aplicada

pH	dS/m		mmol/l				
	CE	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
7,39	0,7	3,64	0,62	1,35	5,69	3,10	1,15

Fuente: Universidad de Almería

3.4.2. Disolución nutritiva

Las disoluciones nutritivas tipo son infinitas y no se pueden estandarizar ya que dependen de la variabilidad de los factores de producción.

La elección de una u otra viene condicionada por la variedad cultivada, estadio fenológico de desarrollo, condiciones climatológicas del momento, calidad del agua de riego, etc.

Las concentraciones de los diferentes iones en las soluciones nutritivas se expresan normalmente en mmol/l o meq/l y los microelementos en ppm.

El contenido total de sales disueltas estuvo próximo a 2,3 mS/cm de CE. Estos valores se hallan dentro de los márgenes óptimos descritos por Abad (1993), y a nivel de semillero estos valores son frecuentes.

Los micronutrientes se suministraron con una preparación comercial normal (NUTREL C). La composición de NUTREL C se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.2. Composición de NUTREL C.

Boro	0,7 %
Hierro	7,5 %
Manganeso	3,3 %
Zinc	0,6 %
Molibdeno	0,2 %
Cobre	0,3 %

Los elementos Fe, Mn, Zn y Cu se encuentran quelatados en forma de EDTA, B y Mo en forma mineral.

El pH de la solución nutritiva se mantuvo entre 5,2 y 6,3 de acuerdo con los niveles óptimos descritos por Abad (1993), para evitar la precipitación de sales, y así poder asegurar la presencia de todos los elementos en la solución. Para mantener ese nivel de pH se realizaron diluciones con H_3PO_4 o HNO_3 y KOH , cuando fue necesario.

Tabla 3.3. Solución nutritiva empleada

pH	dS/m	mmol/l					
	CE	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+
5,8	2,50	12,50	2,00	1,75	1,80	5,00	5,00

Fuente: Urrestarazu, 2004.

3.4.3. Preparación de la solución nutritiva

Las soluciones nutritivas se prepararon siguiendo el siguiente orden (Resh, 1992):

- 1°. Disolver los micronutrientes y luego los macronutrientes.
- 2°. Añadir los sulfatos.
- 3°. Añadir los nitratos y después los fosfatos.
- 4°. Agitar la solución al menos durante un cuarto de hora.

Los nitratos, $Ca(NO_3)_2$, KNO_3 y NH_4NO_3 , producen una reacción endotérmica al disolverse en agua, disminuyendo la temperatura en función de la concentración, por este motivo su aporte se hizo al final.

Para evitar la formación de algas en las soluciones nutritivas se las mantuvo alejadas de la luz.

Las medidas de pH se realizaron por medio de un Crison modelo PH 25 y las de CE con un conductivímetro modelo LF90 (fotografía 3.3).

Fotografía 3.3. Conductivímetro y pHmetro.



3.4.4. Producto utilizado. Peróxido de hidrógeno.

Se ha utilizado un producto que se comercializa con el nombre de Hidrógeno Peróxido 30 % p/v (soluble en agua) comercializado por la casa **Panreac** (fotografía 2.2).

El peróxido de hidrógeno (conocido también como agua oxigenada) es un líquido incoloro a temperatura ambiente con sabor amargo. El peróxido de hidrógeno es inestable y se descompone rápidamente a oxígeno y agua con liberación de calor. Aunque no es inflamable, es un agente oxidante potente que puede causar combustión espontánea cuando entra en contacto con materia orgánica.

Fotografía 3.4. Peróxido de hidrógeno.



Tabla 3.4. Riqueza del Peróxido de hidrógeno

Riqueza mínima (Perm.) p/v	30,0 %
Riqueza (en vol. O ₂)(Perm.)	100 vol.
LIMITE MAXIMO DE IMPUREZAS	
Color APHA	10
Residuo fijo	0,005 %
Acidez	0,0008 meq/g
Compuestos de N (en N)	0,001 %
Cloruro (Cl)	0,0001 %
Fosfato (PO ₄)	0,0005 %
Sulfato (SO ₄)	0,0005 %
Metales pesados (en Pb)	0,0001 %
Metales por ICP [en mg/kg (ppm)]	
Ag	0,05
Al	0,2
As	0,5
Au	0,1

Material y métodos

B	0,5
Ba	0,1
Be	0,02
Bi	0,05
Ca	0,5
Cd	0,05
Co	0,02
Cr	0,02
Cu	0,02
Fe	0,1
Ga	0,05
Ge	0,05
Hg	0,1
In	0,05
K	5
Li	0,02
Mg	0,1
Mn	0,02
Mo	0,02
Na	10
Ni	0,05
Pb	0,1
Pt	0,1
Sb	0,02
Sr	0,02
Ti	0,05
Tl	0,02
V	0,02
Zn	0,1
Zr	0,05

Fuente: www.panreac.es/esp/catalogo/fichastec/121076ES.HTM

3.4.4. Aplicación del oxigenante químico

El modo de aplicación del peróxido de hidrógeno 30 % p/v (soluble en agua) fue disolverlo con la solución nutritiva en el riego, quedando determinados así los tratamientos:

T0 = Solución nutritiva (testigo).

T1 = Solución nutritiva + Peróxido de hidrogeno

La dosis de aplicación del peróxido de hidrógeno fue de 3,23 ml disueltos en 5 litros de solución nutritiva.

El primer riego con peróxido de hidrógeno se realiza a los 18 días de la siembra, continuando su aplicación cada 2-3 días hasta la recogida de muestras.

3.5. Prácticas culturales

3.5.1. Siembra

La siembra se realizó a mediados de noviembre (14-11-05) de forma tal que las semillas de judía y las de melón se sembraron sobre bandejas multicelulares utilizadas en semilleros comerciales, con una densidad de siembra de 150 plántulas/m².

El sustrato utilizado es una mezcla de turba de sphagnum, nutrientes vegetales y microelementos.

Tabla 3.5. Composición de la turba

Materia orgánica	Aprox. 80 %
Cribado	0-20 mm
pH	5,6-6,4
Conductividad, mS/cm	Aprox. 0,85
NPK + Microelementos	1 kg / m ³
Agente humidificador	

El medio de cultivo se realizó sobre una mezcla del sustrato anteriormente descrito con vermiculita-perlita en una proporción 5:1 (v.v), es decir 5 partes de turba y 1 de mezcla vermiculita-perlita. Perlita B12 (fracciones finas de 0-1,5mm y densidad aparente 0,11 g/ml), y vermiculita del nº 2 (fracciones de 2-3 mm y densidad aparente 0,21 g/ml).

Antes de realizar la siembra se humedeció con abundante agua la mezcla, luego las semillas fueron sembradas a una profundidad de 0,5 cm melón y 1-2 cm judía siguiendo las normas de la FAO (1983), que recomienda que dicha profundidad se corresponda con el diámetro de la semilla o poco más. Inmediatamente después de la siembra se volvió a humedecer la mezcla si bien de forma más ligera.

Para favorecer la germinación de las semillas las bandejas se colocaron superpuestas entre sí, permaneciendo de esta manera hasta que se producía la nascencia de las mismas (6-7 días) variando según la especie, 6 para la judía y 7 para el melón. Durante ese tiempo las bandejas se cubrieron con una película de polietileno de baja densidad para facilitar la emergencia del vástago.

A parte de las bandejas que se sembraron siguiendo el diseño experimental, se sembraron otras para la reposición de las marras.

Las condiciones de cultivo de estas bandejas de reposición han sido exactamente iguales a las de las bandejas de experimentación, como riego, T^a, luz y humedad.

3.5.2. Riego

Los primeros riegos se aplicaron a los 4-5 días de haberse producido la emergencia de las plántulas (Aimin y Latimer, 1995).

El riego se hizo manualmente procurando que cada tratamiento recibiese la misma cantidad de disolución.

3.6. Parámetros físicos

Una plántula de calidad es aquella que permite tras su trasplante obtener una alta producción de alta calidad (Hoyos, 1995).

La necesidad de definir que características tiene que tener una planta para obtener una determinada respuesta obliga a medir distintos parámetros que se relacionan con su capacidad de soportar el estrés del trasplante y con su comportamiento posterior.

Uno de los parámetros más empleados es el de la determinación del contenido en materia seca, ya que existe una elevada correlación entre este contenido y la supervivencia de la plántula tras el trasplante (Hoyos, 1995).

3.6.1. Preparación de las muestras

En el laboratorio se procedía al lavado del material vegetal, que consistía en lavar con agua corriente las muestras para poder eliminar, principalmente de las raíces, los restos de sustrato que se encontraban adheridos a las mismas (fotografía 3.4).

Fotografía 3.5. Preparación de muestras



Tras el lavado, las muestras eran secadas en papel de filtro y seguidamente eran separados las raíces, los tallos y las hojas de las mismas para hacer las mediciones correspondientes de los diferentes parámetros.

Una vez tomadas todas estas medidas, cada muestra se colocaba sobre una bandeja de papel que era rotulada convenientemente para ser identificada con facilidad.

3.6.2. Biomasa vegetal fresca

Separado el material vegetal fresco en raíz, tallo y hojas, se pasaba a determinar el peso mediante una balanza tipo Metter 4600 Delta Range (fotografía 3.5.).

Fotografía 3.6. Peso fresco de raíz.



3.6.3. Longitud de tallo

La longitud de tallo se toma como la distancia correspondiente entre el punto de inserción de la raíz con el tallo y el ápice de la plántula.

Esta medida se realizó con una regla graduada.

3.6.4. Diámetro del tallo

La medida del grosor del tallo se realizó por medio de un calibre digital electrónico que se coloca a la altura de los cotiledones, zona donde se tomaba la lectura de dicho parámetro (Fotografía 3.6.).

Fotografía 3.7. Calibre digital electrónico.



3.6.5. Número de hojas

En esta medida sólo se consideraron las hojas que presentaron una longitud superior a 1 cm. Las hojas cotiledones no se tuvieron en cuenta.

3.6.6. Área foliar

Se determinó mediante la medida de la superficie de las hojas existentes en cada muestreo. La medida de esta superficie se realizó a través de la captación de imágenes de las hojas obtenidas mediante un scanner tipo HP ScanJet II cx, y su posterior tratamiento informático en el programa de análisis de imagen IDRISI.

3.6.7. Biomasa vegetal seca

Una vez medidos todos los parámetros anteriormente descritos, las muestras se introducen en una estufa (fotografía 3.7) con corriente de aire forzado a una temperatura de 60 a 70 °C durante 6-7 días hasta hacer el peso constante (Steyn, 1959).

Transcurrido ese tiempo, el material vegetal se retira de la estufa y se vuelve a pesar por separado, raíz y tallo y hojas, es decir vástago y raíz por separado.

Esta medida se realizó con la balanza de precisión tipo Metter 4600 Delta Range.

Fotografía 3.8. Estufa.



3.7. Índices de calidad

3.7.1. Índice de calidad foliar

Coefficiente de área foliar (CAF)

Es el cociente entre el área foliar (cm²) y la materia seca total (g). Masson et al., (1991), recomiendan la utilización del CAF para calcular la calidad pre-trasplante, valores bajos de este índice implica la existencia de plantas que resisten mejor el choque del trasplante.

Figura 3.1. Coeficiente de área foliar

$$\text{CAF} = \frac{\text{Área foliar (cm}^2\text{/planta)}}{\text{Materia seca total (g/planta)}}$$

3.7.2. Índices de calidad pretrasplante

Índice de Esbeltez de Schmidt-Vogt (IE) (Schmidt-Vogt, 1980)

Relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma. Valores altos de este índice serán indicativos de una planta más robusta y con menos probabilidad de daño de algún tipo en el trasplante (Toral, 1997).

Figura 3.2. Índice de esbeltez.

$$IE = \frac{\text{diámetro de tallo (mm)}}{\frac{\text{Altura de tallo (cm)}}{10} + 2}$$

Índice de calidad hortícola al pre-trasplante (ICPH)

Este índice intenta recopilar toda la información que relaciona los parámetros deseados o buscados en plántulas al pre-trasplante dedicadas a la producción hortícola en intensivo (Carrillo, 2011). La manera de evaluar que una planta va a resistir mejor o peor el estrés, está relacionada con el contenido de materia seca, atendiendo a esto se considera que valores altos de este índice muestran plántulas con menor estrés al trasplante, por éste motivo aparece en el numerador el peso seco aéreo (vástago), peso seco raíz y calibre; por el contrario penaliza una alta área foliar por dos motivos:

1. Las plántulas con alta área foliar en un sistema tan confinado como es una bandeja multi-alveolada, presenta problemas de competición por la luz.
2. Plántulas con alta área foliar, pueden presentar problemas de deshidratación, por una excesiva transpiración.

Figura 3.3. Índice de calidad hortícola al pre-trasplante.

$$ICHP = 10.000 \cdot \frac{\text{peso seco aéreo (g)}}{\text{Área foliar (cm}^2\text{)}} \cdot \frac{\text{peso seco raíz (g)}}{\text{peso seco total (g)}} \cdot \frac{\text{calibre (cm)}}{\text{altura de tallo (cm)}}$$

Con el fin de reducir el error experimental, las repeticiones de cada bloque fueron tratadas de forma uniforme, es decir, recibieron la misma cantidad de agua

3.8.2. Sistema de muestreo

El sistema de muestreo está representado por un diseño experimental completamente aleatorio y en bloques completos al azar (Little y Hills, 1987; Peterson, 1994).

Las muestras de judía se tomaron a los 29 días de la siembra, se recogieron 5 plántulas de cada repetición y tratamiento. El muestreo del melón se tomó a los 46 días de la siembra, y al igual que en las judías se recogieron 5 plántulas por repetición y tratamiento. En el muestreo quedaron exentas las plántulas situadas en los bordes del diseño para evitar el denominado *efecto borde*, ya que las plántulas responsables de este tipo de efecto, suelen presentar un desarrollo diferente en comparación con el de las plántulas sembradas en el interior.

3.8.3. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico de los distintos muestreos se ha centrado en hallar la menor diferencia significativa entre ambos tratamientos y en el análisis de varianza de los distintos parámetros de calidad (Peterson, 1994).

Estos análisis de varianza nos permiten comparar las distintas poblaciones de ambos tratamientos y analizar sus diferencias.

El análisis estadístico empleado fue el análisis de varianza con diseño completamente al azar y para la separación de medias se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa, la probabilidad asociada a la *t* de Student.

Se utilizaron los programas informáticos Statgraphics Plus 4.1 y Microsoft Excel 2003 (Little y Hills, 1987; Reyes, 2000; Kuelh, 2003).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efectos de la aplicación del peróxido de hidrógeno

4.1.1. Introducción

En el presente ensayo, realizado sobre plántulas de judía y melón, se ha evaluado el efecto de un oxigenante químico, peróxido de hidrógeno 30% p/v, aplicado en el fertirriego. Con el fin de determinar la mejor calidad de plántula, se han escogido una serie de parámetros e índices de calidad foliar y calidad pretrasplante.

Algunos criterios de calidad de plántula que pueden considerarse son el área foliar, porque determina el potencial de la actividad fotosintética (Klapwijk, 1986) y la producción de biomasa, como un indicador del crecimiento vegetal (Urrestarazu et al., 1999).

No obstante puede resultar complicado decidir cual de ellos representa el valor más significativo para la evaluación de la calidad de plántula. Aún así, si se intenta dar una valoración general de que parámetros son los más relevantes, parece inevitable pensar que una plántula que tenga mayor altura, número de hojas y área foliar, puede ser la más deseable para el trasplante. En este sentido, la manera de evaluar que una planta va a resistir mejor o peor el estrés, está relacionada con el contenido de materia seca. Parece ser este el mejor parámetro para evaluar la sensibilidad de la plántula y suele ocurrir que cuanto mayor es el contenido en materia seca, más resistente es la planta al estrés (Herrera et al., 2008).

Sallaku et al. (2009) consideran que la distribución de productos fotosintéticos en hojas, tallos y raíces son los principales parámetros de calidad en plántulas de hortalizas, de tal manera que a mayor altura de planta y mayor acumulación de materia seca, dada por el peso seco de la raíz y la parte aérea, se tendrá una mejor calidad de plántula (Herrera et al., 2008; Rosca, 2009).

4.1.2. Resultados obtenidos y discusión para el ensayo con judía

Parámetros e índices de calidad en plántulas de judía

A continuación se muestran las tablas con los resultados obtenidos en laboratorio de la medición de los distintos parámetros físicos; y los resultados obtenidos de los índices de calidad tras los cálculos pertinentes sobre distintos parámetros, de las plántulas de judía, y las figuras correspondientes, donde se muestra cada parámetro comparando ambos tratamientos, con y sin peróxido de hidrógeno.

Para la separación de medias se ha utilizado la prueba de la diferencia mínima significativa, la probabilidad asociada a la *t* de Student (*P*).

Tabla 4.1. Parámetros de calidad en plántulas de judía, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30% p/v

Tratamientos		Ø tallo (mm)	Altura de tallo (cm)	Nº hojas	Área Foliar (cm ² /planta)
T0	Media	4,42	23,13	4,95	122,7
	DS	0,111	2,395	0,100	11,91
T1	Media	4,77	22,62	5,00	141,8
	DS	0,291	1,450	0,000	19,76
	P	0,0468	0,3653	0,1955	0,0798

P: prueba *t* de Student. *DS*: desviación estándar.

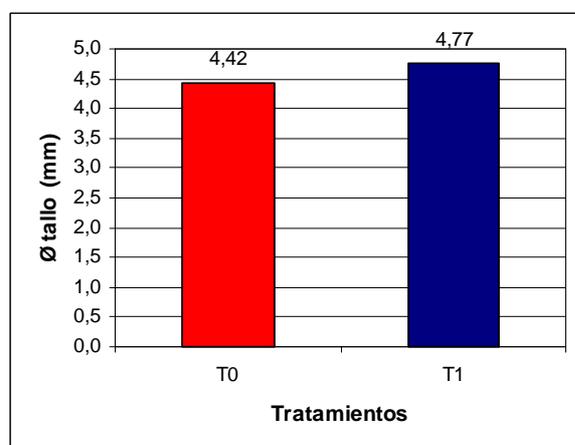


Figura 4.1. Diámetro medio de tallo por plántula de judía, y tratamiento.

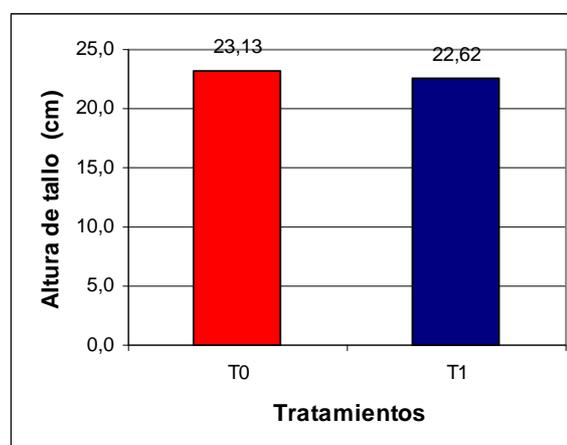


Figura 4.2. Altura media de tallo por plántula de judía, y tratamiento.

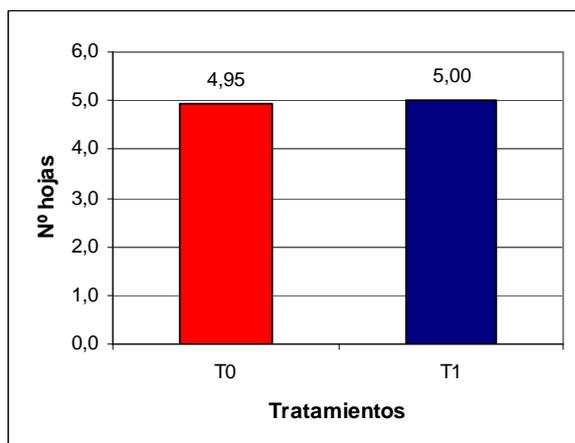


Figura 4.3. Nº medio de hojas por plántula de judía, y tratamiento.

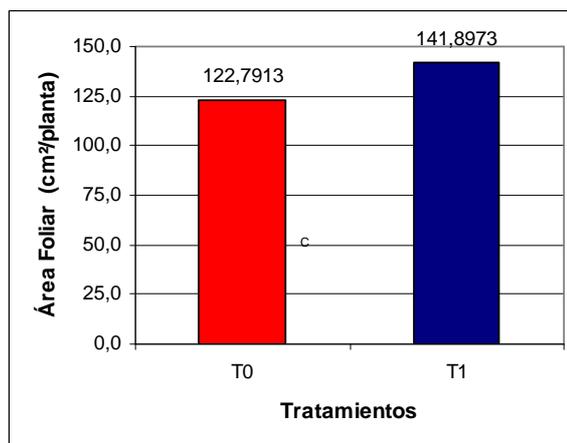


Figura 4.4. Área foliar media por plántula de, judía, y tratamiento.

En la tabla 4.1 se observa que los valores obtenidos para los parámetros diámetro de tallo, número de hojas y área foliar, son mayores en el tratamiento T1, correspondiente al tratamiento con peróxido de hidrógeno 30 % p/v, que en el tratamiento T0, sin el oxigenante. Sólo en el parámetro altura de tallo el T0 tiene un valor medio mayor que T1.

Respecto a la prueba *t* de Student (*P*), los valores resultantes nos son significativos, salvo para el parámetro diámetro de tallo donde $P < 0,05$, por lo que existe una diferencia estadísticamente significativa al 95 %, en dicho parámetro.

Parece razonable pensar que, en general, mayores valores de estos parámetros darán como resultado una plántula de mejor calidad. En las figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 aparecen por separado, vemos de nuevo que en T1 los valores son mayores que en T0, salvo para altura de tallo como hemos señalado antes.

Tabla 4.2. Parámetros de calidad en plántulas de judía, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30% p/v

Tratamientos		Peso fresco (g/planta)		
		Vástago	Raíz	Total
T0	Media	4,902	0,616	5,518
	DS	0,635	0,194	0,682
T1	Media	5,687	0,874	6,517
	DS	0,415	0,449	0,540
P		0,0459	0,0638	0,0320

P: prueba *t* de Student. DS: desviación estándar.

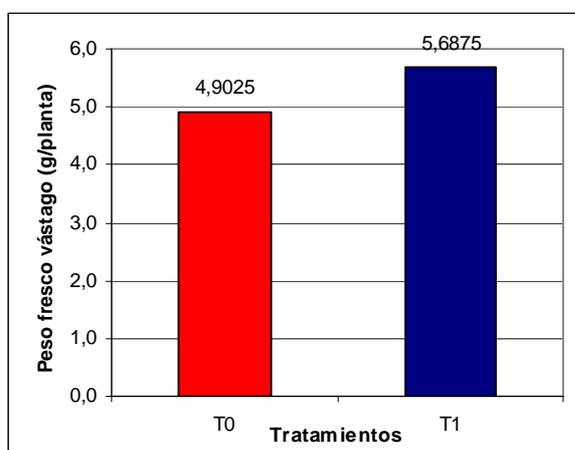


Figura 4.5. Peso fresco medio del vástago por plántula de judía, y tratamiento.

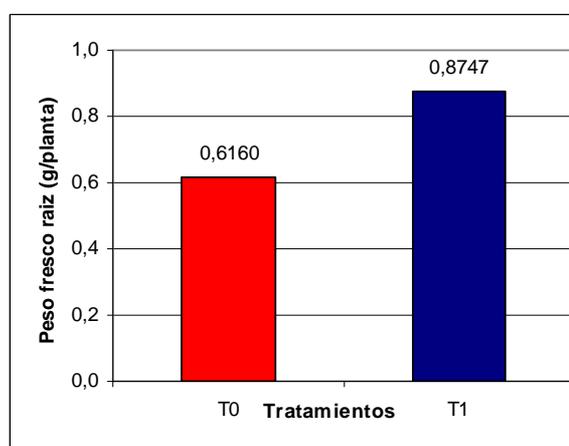


Figura 4.6. Peso fresco medio de la raíz por plántula de judía, y tratamiento.

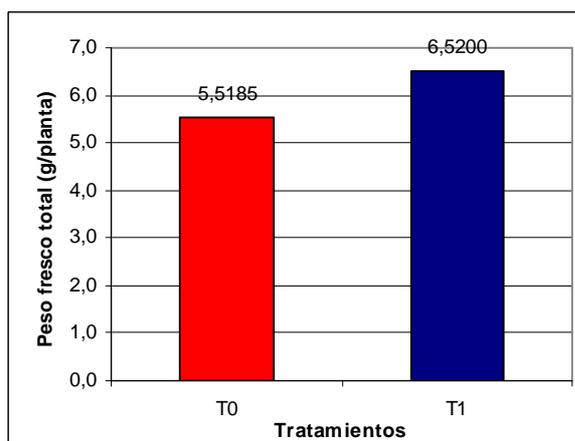


Figura 4.7. Peso fresco medio total por plántula de judía, y tratamiento.

En la tabla 4.2 vemos que los parámetros relativos al peso fresco de la planta, de vástago, raíz y total, se obtienen valores mayores en T1 que en T0. Atendiendo a lo anteriormente dicho, el T1, con oxigenante químico, sería el mejor tratamiento.

La prueba *t* de Student revela que existen diferencias significativas al 95 % entre las medias de los dos tratamientos, tanto en peso fresco de vástago como en peso fresco total, sólo en peso fresco de raíz no alcanza un valor significativo.

Tabla 4.3. Parámetros de calidad en plántulas de judía, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30% p/v

Tratamientos	Materia Seca (g/planta)			
		Vástago	Raíz	Total
T0	Media	0,589	0,134	0,724
	DS	0,085	0,021	0,086
T1	Media	0,671	0,150	0,822
	DS	0,062	0,020	0,078
	P	0,0871	0,1630	0,0721

P: prueba *t* de Student. *DS*: desviación estándar.

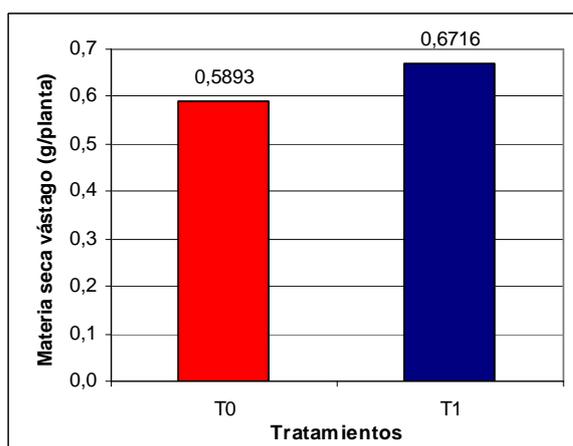


Figura 4.8. Materia seca media del vástago por plántula de judía, y tratamiento.

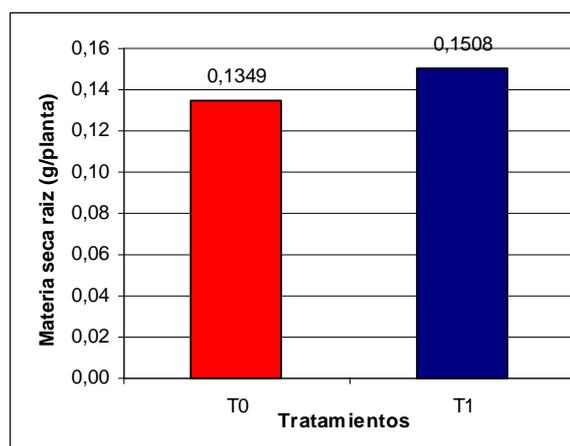


Figura 4.9. Materia seca media de la raíz por plántula de judía, y tratamiento.

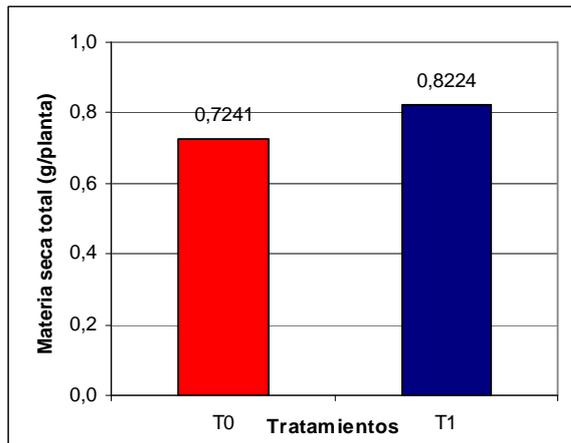


Figura 4.10. Materia seca media total por plántula de judía, y tratamiento.

La tabla 4.3, junto con las figuras 4.8, 4.9, y 4.10, son las relativas a los parámetros relacionados con la materia seca, materia seca del vástago, de la raíz, y total.

Desde el punto de vista del sistema de cultivo en el que nos encontramos y para el que se orienta la producción de plántulas de semillero, el mayor peso seco en las plántulas sigue siendo una cualidad deseable.

Pimpini y Gianquinto (1991) indican que la producción de un cultivo de tomate se ve incrementada en escala logarítmica con el incremento en el contenido de materia seca de la parte aérea de la plántula a trasplantar. Esto sugiere que las plantas T1 tendrán un desarrollo mejor después del trasplante que redundará en valores de producción (Herrera et al., 2008).

Los valores en T1 son mayores que en T0 en los 3 parámetros. Sin embargo no se puede deducir que sean significativas estas diferencias, como podemos ver al observar los valores de *P*.

Tabla 4.4. Índices de calidad en plántulas de judía, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno al 30% p/v

Tratamientos		CAF (cm ² /g)	IE (mm/cm)	ICHP (g/cm ²)
T0	Media	171,0	1,027	0,172
	DS	21,65	0,074	0,029
T1	Media	172,0	1,118	0,183
	DS	8,442	0,069	0,009
P		0,4671	0,0622	0,2600

P: prueba t de Student. DS: desviación estándar.

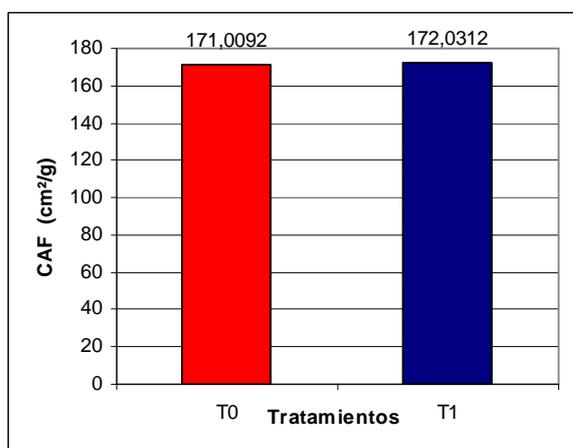


Figura 4.11. Coeficiente de área foliar medio por plántula de judía, y tratamiento.

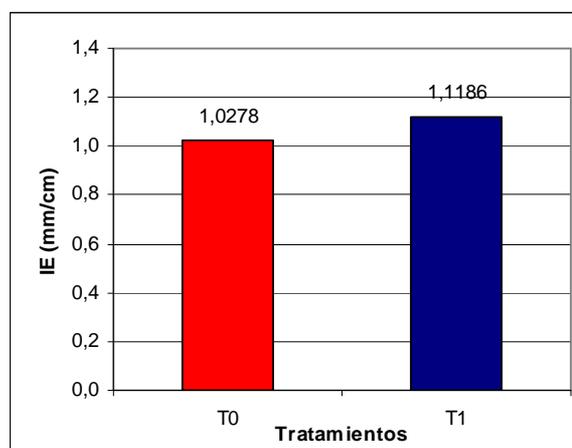


Figura 4.12. Índice de esbeltez medio por plántula de judía, y tratamiento.

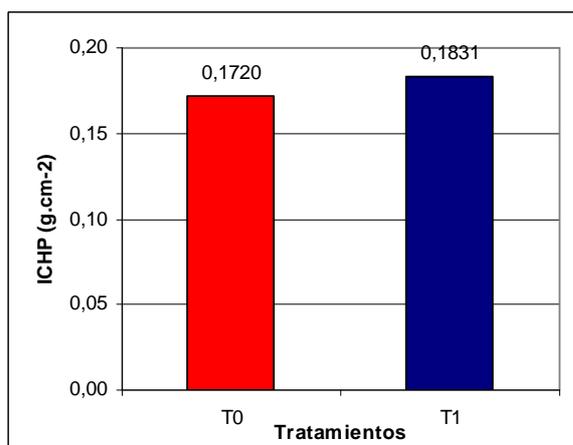


Figura 4.13. Índice de calidad hortícola pre-trasplante por plántula de judía, y tratamiento.

En la tabla 4.4, vemos los 3 índices de calidad estudiados:

1. Por un lado tenemos el CAF ó coeficiente de calidad foliar, resultado del cociente entre el área foliar (cm²) y la materia seca total (g), este índice de calidad foliar recomienda valores bajos, que implica valores de materia seca total altos en relación a la superficie foliar. En este caso es el tratamiento T0 el que obtiene menor valor.
2. El ÍE ó índice de esbeltez de Schmidt-Vogt (1980), relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma. Valores altos serán indicativos de una planta más robusta y con menos probabilidad de daño de algún tipo en el trasplante. Toral (1997) calcula el índice de esbeltez mediante el cociente de la altura y el diámetro del tallo, para el que Thompson (1985), y Cibrian y Bello (2000) recomiendan valores bajos, no obstante en este caso, el cálculo se ha realizado según el índice de esbeltez propuesto por Schmidt-Vogt (1980), en el que se puede observar que se corresponde con la inversa del índice calculado por Toral multiplicado por un coeficiente, por lo que se deduce rápidamente que para este índice, los valores recomendados deben tener valores altos, y serán indicativos de una planta más robusta y con menos probabilidad de daño de algún tipo en el trasplante.

En la tabla 4.4, así como en la gráfica 4.12, el valor mayor es alcanzado por el tratamiento T1.

3. Por último, el ICHP ó índice de calidad hortícola al pre-trasplante (Carrillo, 2011), intenta compilar toda la información que relaciona los parámetros deseados o buscados en plántulas al pre-trasplante dedicadas a la producción hortícola en intensivo. Como ya se ha comentado la manera de evaluar que una planta va a resistir mejor o peor el estrés, está relacionada con el contenido de materia seca, atendiendo a esto se considera que valores altos de este índice muestran plántulas con menor estrés al trasplante, por éste motivo aparece en el numerador el peso seco aéreo, peso seco de raíz y calibre; por el contrario penaliza una alta área foliar por dos motivos: por un lado plántulas con alta área foliar en un sistema tan confinado como es una bandeja multi-alveolada, presenta problemas de competición de luz; por otro lado plántulas con alta área foliar, puede presentar problemas de deshidratación, por una excesiva transpiración.

De igual modo en el numerador aparece el peso seco de la raíz, esta relación nos garantiza la existencia de un sistema radicular bien desarrollado que permita que la transpiración no exceda la capacidad de absorción. La razón existente entre el calibre y

el tallo, garantiza plántulas con un sistema vascular bien desarrollado evitando plántulas etioladas.

Los valores obtenidos en T1 son mayores que los obtenidos para T0, lo que en principio el tratamiento con el oxigenante parece representar a plántulas de mejor calidad.

Este índice se trata de una propuesta (Carrillo, 2011) que en todo caso debe ser estudiada su aplicabilidad.

Los valores obtenidos de *P* en los 3 índices no son significativos.

Si en el tratamiento estadístico realizado en el ensayo de judía rebajáramos los valores de significancia estadística del 95 % al 91 %, habría habido diferencia estadísticamente significativa en siete de los diez parámetros estudiados, y en uno de los tres índices.

Incrementos porcentuales de parámetros e índices de calidad en plántulas de judía

La siguiente tabla muestra los incrementos porcentuales resultantes de T1 sobre T0, en los parámetros e índices estudiados.

Tabla 4.5. Incrementos porcentuales de T1 sobre T0, judía.

Ø	Altu.	Nº	ÁF	VF	RF	TF	VS	RS	TS	CAF	IE	ICHP	\bar{x}	\bar{x}^*
7,9	-2,2	1,0	15,6	16,0	41,9	18,1	13,9	11,9	13,5	0,6	8,9	6,3	11,8	14,0

Ø: diámetro de tallo; Altu: altura del tallo; Nº: número de hojas; ÁF: área foliar; VF: peso fresco del vástago; RF: peso fresco de la raíz; TF: peso fresco total; VS: materia seca del vástago; RS: materia seca de la raíz; TS: materia seca total; CAF: coeficiente área foliar; IE: índice de esbeltez; ICHP: índice de calidad al pre-trasplante; \bar{x} : media de los porcentajes; \bar{x}^* : media de los porcentajes de los parámetros e índices significativos (Ø, VF, TF).

En la tabla 4.5 podemos observar como en todos los parámetros e índices existe un incremento positivo de T1 respecto a T0, excepto en el parámetro altura de tallo, con un decremento de 2,2 % (nos lo indica el signo negativo).

En el caso del índice coeficiente de área foliar (CAF), aún existiendo un incremento de 0,6 %, los valores deseados para este índice son los bajos, por lo que el efecto del oxigenante en este caso no ha sido beneficioso. Si bien, tanto en este caso como en el anterior, altura de tallo, las diferencias son pequeñas.

Destacar los valores altos en los parámetros peso fresco y materia seca, así como en área foliar, llegando a un incremento de T1 sobre T0 de 41,9 % en peso fresco de raíz.

4.1.3. Resultados obtenidos para el ensayo con melón

Parámetros e índices de calidad en plántulas de melón

A continuación se muestran las tablas con los resultados obtenidos en laboratorio de la medición de los distintos parámetros físicos; y los resultados obtenidos de los índices de calidad tras los cálculos realizados con los parámetros oportunos, en las plántulas de melón, y las figuras correspondientes, donde se muestra cada parámetro comparando ambos tratamientos, con y sin peróxido de hidrógeno.

Tabla 4.6. Parámetros de calidad en plántulas de melón, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30% p/v

Tratamientos		Ø tallo (mm)	Altura de tallo (cm)	Nº hojas	Área Foliar (cm ² /planta)
T0	Media	3,74	8,24	3,95	45,13
	DS	0,293	1,218	0,191	7,397
T1	Media	3,93	9,00	4,20	46,27
	DS	0,236	1,075	0,230	5,586
P		0,1772	0,1931	0,0742	0,4070

P: prueba t de Student. DS: desviación estándar.

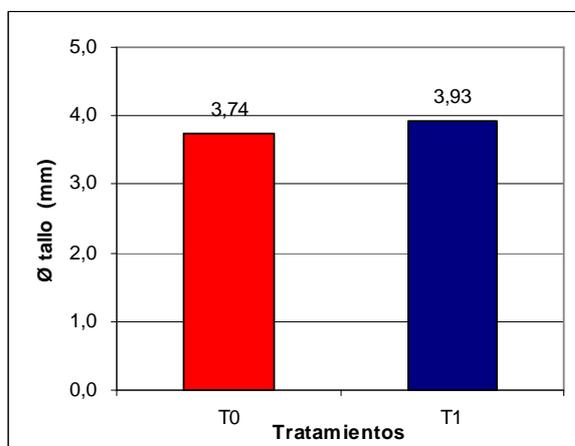


Figura 4.14. Diámetro medio de tallo por plántula de melón, y tratamiento.

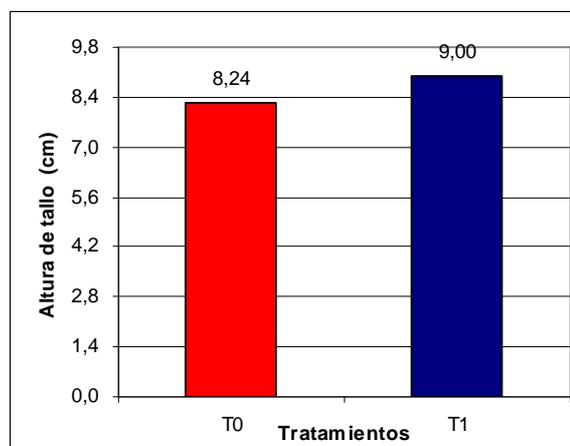


Figura 4.15. Altura media de tallo por plántula de melón, y tratamiento.

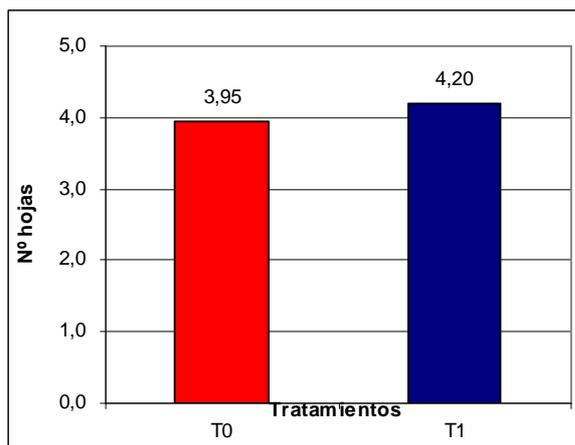


Figura 4.16. Nº medio de hojas por plántula de melón, y tratamiento.

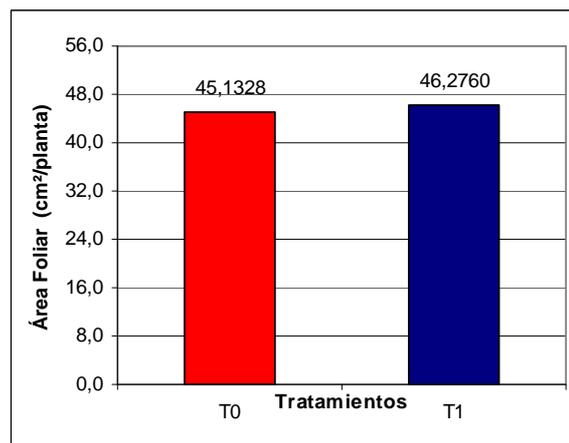


Figura 4.17. Área foliar media por plántula de melón, y tratamiento.

En la tabla 4.5 se puede observar que para estos cuatro parámetros físicos los valores de las medias en el tratamiento T1 están por encima de los valores medios para T0. Como se comentó antes valores altos de estos parámetros, es decir, que una planta tenga más hojas, más altura, y más área foliar, parece indicar la existencia de una planta más deseable para el trasplante, en definitiva de mayor calidad.

En lo referente a los valores de *P* comprobamos que no hay diferencias significativas entre los dos tratamientos, en estos cuatro parámetros.

Tabla 4.7. Parámetros de calidad en plántulas de melón, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30% p/v

Tratamientos		Peso fresco (g/planta)		
		Vástago	Raíz	Total
T0	Media	2,540	0,662	3,202
	DS	0,428	0,159	0,579
T1	Media	2,617	0,607	3,225
	DS	0,265	0,113	0,361
	P	0,3855	0,2983	0,4750

P: prueba *t* de Student. *DS*: desviación estándar.

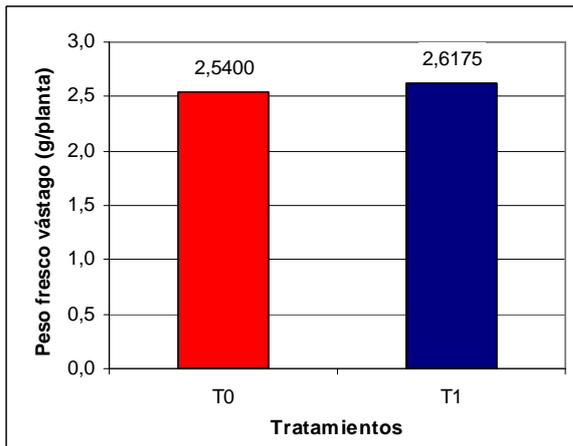


Figura 4.18. Peso fresco medio del vástago por plántula de melón, y tratamiento.

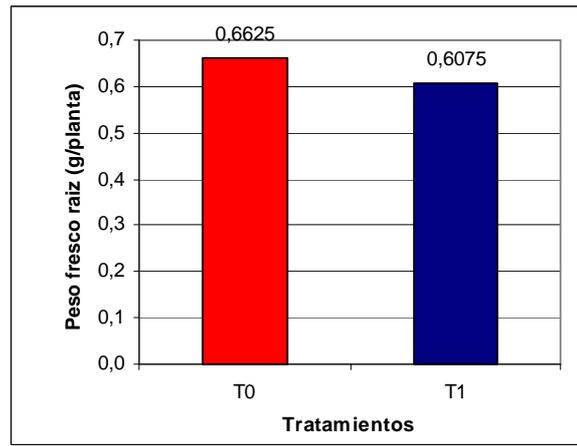


Figura 4.19. Peso fresco medio de la raíz por plántula de melón, y tratamiento.

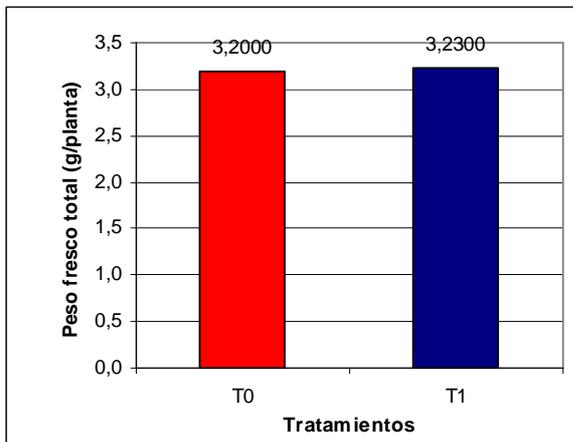


Figura 4.20. Peso fresco total medio por plántula de melón, y tratamiento.

Vemos en la tabla 4.6 y en las figuras correspondientes, relativas al parámetro peso fresco, que hemos tomado de vástago, raíz y total, que los valores son más altos en vástago y total, para el tratamiento con el oxigenante químico (T1), y más altos en raíz para el tratamiento sin oxigenante químico (T0).

Los valores observados de P no son significativos.

Tabla 4.8. Parámetros de calidad en plántulas de melón, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno 30% p/v

Tratamientos		Materia Seca (g/planta)		
		Vástago	Raíz	Total
T0	Media	0,209	0,067	0,276
	DS	0,031	0,010	0,042
T1	Media	0,224	0,068	0,292
	DS	0,023	0,008	0,029
P		0,2305	0,4595	0,2764

P: prueba t de Student. DS: desviación estándar.

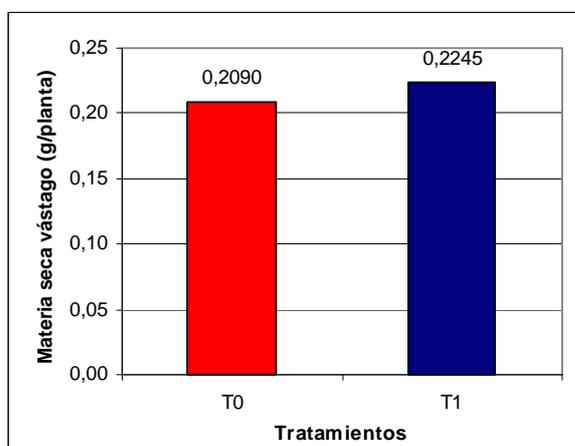


Figura 4.21. Materia seca media del vástago por plántula de melón, y tratamiento.

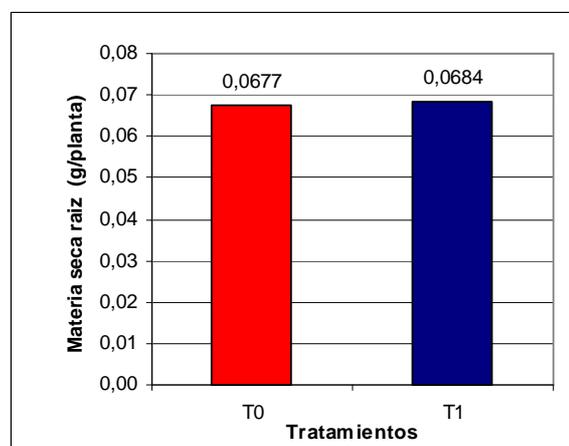


Figura 4.22. Materia seca media de la raíz por plántula de melón, y tratamiento.

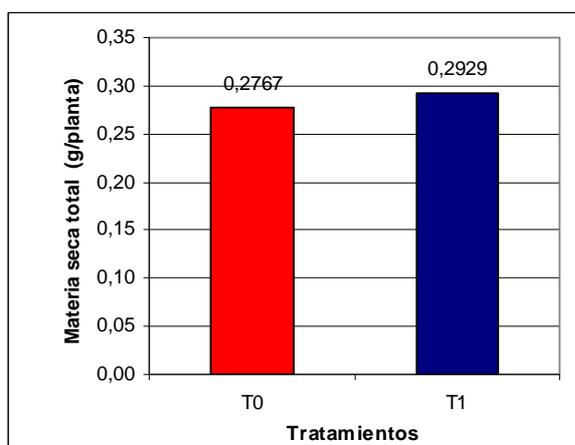


Figura 4.23. Materia seca total media por plántula de melón, y tratamiento.

En la tabla 4.7, relativa a la materia seca de vástago, raíz y total, se observa que los valores para el tratamiento con peróxido de hidrógeno, son mayores. Esto indica que, estas plántulas, van a resistir mejor el estrés al que se someterán en el trasplante, por el mayor contenido de materia seca (Herrera et al., 2008), por lo que en principio serían plántulas de mejor calidad.

Los valores de *P* no muestran diferencias significativas en el estudio estadístico.

Tabla 4.9. Índices de calidad en plántulas de melón, sin (T0) y con (T1) peróxido de hidrógeno al 30% p/v

Tratamientos		CAF (cm ² /g)	IE (mm/cm)	ICHP (g/cm ²)
T0	Media	162,9	1,323	0,519
	DS	2,362	0,050	0,056
T1	Media	157,7	1,356	0,501
	DS	4,02	0,099	0,082
P		0,0388	0,2880	0,3710

P: prueba *t* de Student. *DS*: desviación estándar.

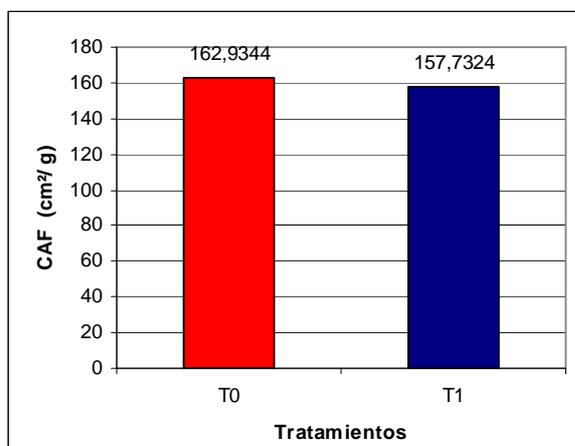


Figura 4.24. Coeficiente de Área Foliar medio por plántula de melón, y tratamiento.

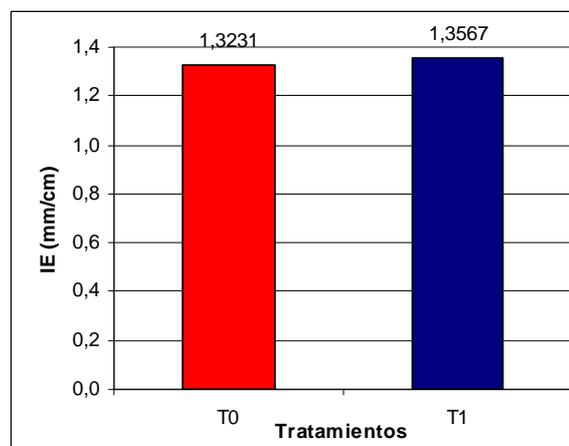


Figura 4.25. Índice de esbeltez medio por plántula de melón, y tratamiento.

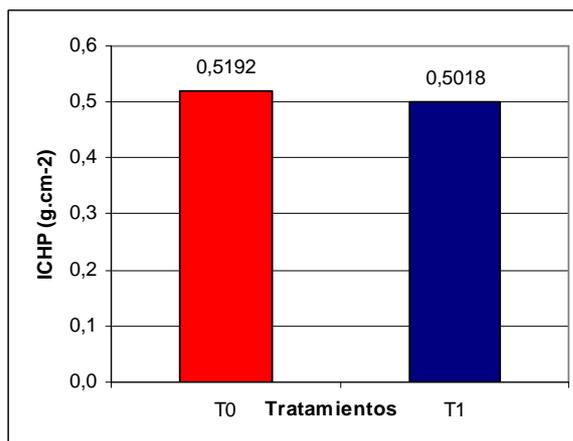


Figura 4.26. Índice de calidad hortícola pre-trasplante medio por plántula de melón, y tratamiento.

En la tabla 4.8, y sus figuras correspondientes, de los índices de calidad, foliar y pretrasplante, vemos que, respecto al índice coeficiente de área foliar (CAF), el valor obtenido es mayor en el tratamiento T0 o testigo, lo que apunta que la plántula de más calidad es la que representa el tratamiento T1, debido a que este índice recomienda valores bajos.

Respecto al índice de esbeltez (IE) de Schmidt-Vogt (1980), el valor medio es mayor en el tratamiento con peróxido de hidrógeno (T1). Valores altos serán indicativos de una planta de más calidad en el pre-trasplante, por lo tanto el efecto del uso del oxigenante químico es positivo si nos fijamos en el dato.

Este índice ha sido desarrollado para la evaluación de la calidad pretrasplante de plantas forestales y ornamentales, aún no pudiendo ser el más adecuado para evaluar la calidad de plántulas hortícolas, se ha decidido su utilización por su uso generalizado, y se han tenido en cuenta los criterios respecto a los valores deseados.

Y por último, el índice de calidad hortícola al pre-trasplante, vemos que el valor más alto es el que pertenece al tratamiento testigo (T0). Atendiendo a este índice las plántulas pertenecientes a este tratamiento serían las más adecuadas para el pre-trasplante.

Como comentamos antes, este índice se trata de una propuesta que debe ser estudiada en su aplicabilidad (Carrillo, 2011).

El valor de *P* alcanza una diferencia estadísticamente significativa al 95 % en el índice CAF, en los otros dos (IE y ICHP) no hay diferencias significativas.

Incrementos porcentuales de parámetros e índices de calidad en plántulas de melón

La siguiente tabla muestra los incrementos porcentuales resultantes de T1 sobre T0, en los parámetros e índices estudiados.

Tabla 4.10. Incrementos porcentuales de T1 sobre T0, melón.

Ø	Alt	Nº	ÁF	VF	RF	TF	VS	RS	TS	CAF	IE	ICHP	\bar{X}	\bar{X}^*
5,1	9,2	6,3	2,5	3,1	-8,3	0,7	7,2	1,5	5,8	-3,2	2,5	-3,5	2,2	-3,2

Ø: diámetro de tallo; Alt: altura del tallo; Nº: número de hojas; ÁF: área foliar; VF: peso fresco del vástago; RF: peso fresco de la raíz; TF: peso fresco total; VS: materia seca del vástago; RS: materia seca de la raíz; TS: materia seca total; CAF: coeficiente área foliar; IE: índice de esbeltez; ICHP: índice de calidad al pre-trasplante; \bar{X} : media de los porcentajes; \bar{X}^* : media de los porcentajes de los parámetros e índices significativos (CAF).

En la tabla 4.10 se observa que, hay incrementos en la mayoría de los parámetros excepto en peso fresco de raíz, con un decremento de 8,3 %; en el índice de calidad hortícola al pre-trasplante (ICHP), con un decremento de 3,5 %; y un decremento de 3,2 % en el coeficiente de área foliar (CAF), aunque en este último este valor indica que el efecto del oxigenante químico ha sido positivo, pues en el CAF los valores más bajos indican una calidad de plántula mayor.

Observamos como, en general, los incrementos que se han obtenido en el ensayo con el melón son menores que los que hemos obtenido en el ensayo de la judía.

5. CONCLUSIONES

Asumiendo un efecto beneficioso del uso del peróxido de hidrógeno, como se ha comentado en el desarrollo del trabajo, en factores que no son objeto de este estudio, se concluye lo siguiente.

1. El efecto de la aplicación de peróxido de hidrógeno 30 % p/v, mediante fertirriego, en plántulas de judía, ha resultado positivo en los parámetros físicos e índices de calidad estudiados, salvo en el parámetro altura de tallo y el índice coeficiente de área foliar, aún así en estos dos casos las diferencias han sido mínimas. En tres de los diez parámetros estudiados hay una diferencia estadísticamente significativa al 95 %, en el resto no se alcanza dicha diferencia.

2. El efecto de la aplicación de peróxido de hidrógeno 30 % p/v, mediante fertirriego, en plántulas de melón, ha resultado positivo en los parámetros físicos e índices de calidad estudiados, salvo en el parámetro peso fresco de raíz y el índice de calidad hortícola al pre-trasplante. Se alcanza una diferencia estadísticamente significativa al 95 % en uno de los índices estudiados.

3. En las plántulas de judía el uso del peróxido de hidrógeno 30 % p/v ha obtenido unos resultados más positivos que los obtenidos en las plántulas de melón, lo cual demuestra una mayor sensibilidad de la judía a la oxigenación que el melón, en este estudio.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M., 1991. Los sustratos hortícolas: características y manejo. En: Actas II Congreso Nacional de Fertirrigación.
- Abad, M., 1993. Características y propiedades. Sustratos. En: Cultivos sin Suelo. Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA, pp. 66.
- Abad, M.; Martínez, P.F.; Martínez, M.D.; Martínez, J., 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Actas de Horticultura, 11, 141-154.
- Abad, M.; Noguera, P.; Noguera, V., 1995. Turbas para semilleros. II Jornadas sobre semillas y semilleros hortícolas. Ed. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, pp 81-101.
- Abad, M.; Noguera, P., 1998. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. En: Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Cadahia, C. Ed. Mundiprensa. Madrid, pp. 289-340.
- Adams, P.; Massey, D.M., 1984. Nutrient Uptake by Tomatoes from Recirculating solutions. Proceedings ISOSC, pp. 71-79.
- Aimin, L.; Latimer, J.G. 1995. Water relations and abscisic acid levels of watermelon as affected by rooting volume restriction. Jour. Expe. Botany., 46, 1011-1015.
- Aliaga, J.A. 1999. Introducción al curso: Evolución y situación actual de la horticultura intensiva en Almería. En: Cultivos sin suelo II. Curso superior de especialización. Fernández, M. y Cuadrado, I. FIAPA.
- Álvaro, J.E.; Moreno, S.; Diane, F.; Santos, M.; Carrasco, G.; Urrestarazu, M. 2009. Effects of peracetic acid disinfectant on the postharvest of some fresh vegetables. J. Food Eng., 95, 11-15.
- Ansorena, J., 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa. 173 pp.
- Benoit, F.; Ceustermans, N. 1995. A Decade of Research on Ecologically sound substrates. Acta Horticulturae, 408, 17-29.
- Bunt, A.C.; 1988. Media and Mixes for Container-Grown plants. 2nd ed. Unwin Hyman Ltd., London. 309 pp.
- Burés, S., 1997. Sustratos. Ed. Agrotécnicas, pp. 342.
- Cadahía López, C., 2001. Fertirrigación en cultivos hortícolas y ornamentales. Ed Mundi-Prensa. Madrid, pp. 173-244, 287-339.
- Carrasco, G.; Gajardo, J.M.; Álvaro, J.E.; Urrestarazu, M. 2010. Rocket production (*Eruca sativa* Mill.) in floating system using peracetic acid using as oxygen source compared with substrate culture. J. Plant Nutr., 23, in press.

- Carrasco, G.; Urrestarazu, M. 2010. Green Chemistry in Protected Horticulture: The Use of Peroxyacetic Acid as a Sustainable Strategy. *Int. J. Mol. Sci.* 11, 1999-2009
- Carretero, M. 2000. Estudio de la situación actual de los semilleros en la provincia de Almería. Proyecto fin de carrera. Universidad de Almería
- Carrillo, A.J. 2011. Evaluación de la capacidad bioestimulante de cepas de *Trichoderma sp.* sobre plántulas de sandía y su influencia en la calidad pre-trasplante. Proyecto fin de carrera. Universidad de Almería.
- Chase, A.R. 1999. Pythium Root Rot on Ornamentals. *Western Connection. Turf & Ornamentals* 1(8), 1-4.
- Chu, C.B.; Toop, E.W., 1975. Effects of substrate potassium, substrate temperature and light intensity on growth and uptake of major cations by greenhouse tomato plants. *Canad. J. Pl. Sci.* 55, 121-126.
- Cibrián T.; Bello L., 2000. Calidad de planta. En: Memorias del Primer Congreso Nacional de Reforestación. SEMAR-NAP-Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Cornillon, P., 1980. Influence de la température des racines sur le comportement du chrysanthème et du gerbera. *P.H.M. Revue Horticole*, 207, 11-14.
- Cornillon, P.; Fellahi, A., 1993. Influence of root temperature on potassium nutrition of tomato plant. En: *Optimization of Plant Nutrition*. pp. 213-217.
- Cornillon, P.; Obeid, S., 1993. Influence of root temperature and phosphorus content in the substrate on muskmelon growth. *Advances in Horticultural Science*, 7, 69-72.
- Drew, M.C., 1983. Plant injury and adaptation to oxygen deficiency in the root environment: A Review. *Plant Soil*, 75, 179-199.
- Engels, C.H., 1993. Difference between maize and wheat in growth-related nutrient demand and uptake of potassium and phosphorus at suboptimal root zone temperatures. *Plant and Soil*, 150, 129-138.
- Engels, C.H.; Marschner, H., 1990. Effect of sub-optimal root zone temperatures at varied nutrient supply and shoot meristem temperature on growth and nutrient concentrations in maize seedlings. (*Zea mays* L.). *Plant and Soil*, 126, 215-225.
- FAO. 1983. Guía para la tecnología de las semillas de hortalizas. Roma
- Fernández, M.; Cuadrado, I.M.; García, M.C. 2005. Dirección técnica de semilleros hortícolas. FIAPA.
- Gálvez, C. 2005. Aplicación mediante fertirriego del peróxido de hidrógeno y su efecto sobre la calidad y producción de tomate en fibra de coco. Proyecto fin de carrera. Universidad de Almería.

- García, A.; García, J.; Posadas, F., 1999. Cultivo sin suelo II. Curso superior de especialización. Ed. FIAPA.
- Gil, N., 2005. Bandejas de semillero. Dirección técnica de semilleros hortícolas. Curso de especialización. Editores: Cuadrado, I.; García, M.; Fernández, M. Ed. FIAPA, Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía, y ASEHOR.
- Herrera, F.; Castillo, J.E.; Chica, A.F.; López, L. 2008. Use of municipal Solid Waste Compost (MSWC) as a Growing Medium in the Nursery Production of Tomato Plants. *Bioresource Technology*, 99 (2), 287-296.
- Hoyos, P., 1995. Parámetros de calidad en plántulas hortícolas. II Jornadas sobre semillas y semilleros hortícolas. Ed. Junta de Andalucía.
- King, J.A.; Smith, K.A., 1987. *Journal Soil Sci.* 38, 173-177.
- Klapwijk, D. 1986. Production of tomato transplants in The Netherlands. *Acta Hort.* 190, 505-510.
- Kuehl, R., 2003. Diseño de experimentos, principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones, 2ª ed., Thomson Learning, México, pp. 666.
- Langer, R.H.M.; Hills, G.D. 1987. Plantas de interés agrícola. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza.
- Lappalainen, E. (Ed.). 1996. Global Peat Resources International Peat Society, Jyskä (Finland), 359 pp.
- Little, T. M.; Hills, F. J. 1987. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. Trillas. California. USA.
- López-Aparicio, D., 2005. Estructuración y dinámica de un semillero hortícola. Dirección técnica de semilleros hortícolas. Curso de especialización. Editores: Cuadrado, I.; García, M.; Fernández, M. Ed. FIAPA, Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía, y ASEHOR.
- Manvert Liberoxi. 2004. Documento técnico.
- Marfá, O., 1990. Intensificació de conreus hortícoles mitjanrant tecniques de conreu fora sòl en sacs. Tesis Doctoral. ETSEA. Universidad Politècnica Catalunya.
- Marfá, O., 1997. La gestión del agua en la fertirrigación de sustratos en cultivos sin suelo. Ponencia 1 Congreso ibérico de fertirrigación. S.E.C.H. Murcia.
- Marfá, O., 1998. Física, hidrología y oxigenación en los sustratos para cultivos sin suelo. *Riegos y drenajes*, 101, 39-44.
- Marfá, O.; Guri, S., 1999. Física de sustratos y oxigenación del medio radicular. En: cultivos sin suelo II". Fernández, M.; Cuadrado I.M. (eds.). D.G.I.F.A., F.I.A.P.A. y Caja Rural

- de Almería. Almería, 93-106.
- Marfá, O.; Orozco, R., 1995. Granulometric alteration, air entry potencial and hydraulic conductivity in perlites usad in soilles-cultures. *Acta Hort.* 408, 147-161.
- Maroto, J.V. 1995. *Horticultura herbácea especial*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Masson, J.; Tremblay, N.; Grosselin, A. 1991. Nitrogen fertilization and HPS supplementary lighting influence vegetables transplant production. Transplant growth. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 116 (4), 594-598.
- Morard, P. 1995. Etude, de l'oxygenation du systeme racinaire. En « Les cultures vegetáles hórrs-sol ». Ed. SARL Pub. Agric. Agen Francéx, 245-252.
- Orozco, R.; Gschwander, S.; Marfá, O. 1997. Substrate classification from particle size analysis. *Acta Hort.*, 450, 397-404.
- Peterson, R.G. 1994. *Agricultural Field Experiments*. Marcel Dekker Inc. New York, 409 pp. knjni
- Pimpini, F. ; Gianquinto, G. 1991. Primi risultati sulle modalitá di allevamentoinvavio di piantina di promodoro da industria. Riflessi su aecrescimiento e produzione in campo. Proceeding 1st National Congress on "II Vivaismo orticolo, aspettit tecnici, organizzativi e commerciali". Foggia, Italy.
- Puustjärvi, V. 1994. La turba y su manejo en horticultura. Adap. De Abad, M.; Noguera, V.; Faus, A.; Noguera, P. Ed. Ediciones de horticultura.
- Raviv, M.; Chen, Y.; Inbar, Y. 1986. « Peat and peat substitutes as growth media for contanergrow plants. En: Y. Chen y Y. Avnimelech (Eds.), *The Role of Organic Matter in Modern Agriculture*, Martinus Nijhoff Publisher, Dordrecht, pp. 257-287.
- Reche, J. 1994. Cultivo de la sandía en invernadero. Ed. Colegio de Técnicos Agrícolas de Almería. Almería
- Resh, H.M. 1992. *Cultivos Hidropónicos*. 2ª ed. Mundi-Prensa, Madrid, 369 pp.
- Reyes, P. 2003. *Diseño de experimentos aplicados*. Editorial Trillas, México, pp 348.
- Rivière, L.M.; Charpentier, S.; Jeannin, B. ; Kafka, B. 1993. Oxygen concentration of nutrient solution in mineral wools. *Acta Hort.*, 342, 93.101.
- Rosca V. 2009. Optimization of nitrogen concentration in the fertilization solution for production of seedlings in cell trays. *Acta Hort.* 807, 613-618.
- Salas, M.C.; Urrestarazu, M. 2001. *Técnicas de fertirrigación en cultivo sin suelo*, Manuales de la Universidad de Almería, Servicios de Publicaciones de la Universidad de Almería. Spain, 280 pp.

- Sallaku G.; Bani A.; Balliu A. 2009. The effects of N concentration in pre-transplant nutrient solution on the N use efficiency and dry mass partitioning of vegetable solanaceae seedlings. *Acta Hort.* 830, 405-412.
- Serrano, Z. 1994. Construcción de invernaderos. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Serrano, Z. 1996. Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. Ed. Sevilla.
- Schmidt-Vogt H. 1980. Characterization of plant material, IUFRO Meeting. S1.05-04. In Röhring E., Gussone HA. *Waldbau. Zweiter band. Sechste Auflage, Neubearbeitet.* Hamburg und Berlin, 1990. 314 pp.
- Statistical Graphics Corp. 1999. STATGRAPHICS Plus for Windows 4.1. Statistical Graphics Corp., Rockville, MD.
- Steyn, W.J.K. 1959. Leaf analysis. Errors involved in the preparative phase. *Agri. Fd. Chem.* 7, 344-347.
- Stradiot, P. 2002. Factores implicados en el desarrollo de la plántula: riego, fertilización y sustratos. III Jornadas nacionales de semilleros hortícolas. Ed: Junta de Andalucía, FIAPA y ASEHOR.
- Strasburguer, E.; Noll, F.; Schenck, H.; Schimper, A. F. W.; Von Denffer, D.; Ehrendorfer, F.; Bresinsky, A.; Ziegler, H. 1986. *Tratado de Botánica.* 7ª ed. Editorial Martín S.A., Barcelona, 1.098 pp.
- Tachibana, S. 1991. Import of calcium by tomato fruit in relation to the day-night periodicity. *Scientia Hort.* 45, 235-243.
- Thompson, B.E. 1985. Seeding morphological evaluation – what you can tell by looping. En: *Proceedings: Evaluation Seeding Quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests.* Oregon State University. For. Res. Lab. Corvallis, OR, USA, pp. 59-71.
- Toral M. 1997. Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. SEDER., Fundación Chile, Consejo Agropecuario de Jalisco. México.
- Urrestarazu, M.; Guzmán M.; Sánchez A.; Salas M.C.; Lorente F.A. 1999. Effect of evolution in the increase the nutrient solution electrical conduction on quality parameters of tomato seedlings. *Acta Hort.* 487, 213-218.
- Urrestarazu, M. 2000. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. En: M. Urrestarazu (ed.). *Manual del cultivo sin suelo.* 2ª Ed. Universidad de Almería. Mundi-Prensa, Madrid, pp 51-94
- Urrestarazu, M. 2004. *Tratado de cultivo sin suelo.* En: Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. Ed. Mundi-Prensa.

- Urrestarazu, M. y Mazuela, P. 2005. Effect of slow-release oxygen supply by fertigation on horticultural crops under soilless culture. *Scientia Horticulturae* 106, 484-490.
- Urrestarazu, M., Mazuela, P., Boukhalfa, A., Arán, A. y Salas, M.C. 2005. Oxigen content and its diurnal variation in a new recirculating water soilless culture for horticultural crops. *HortScience* 40(6), 1729-1730.
- Urrestarazu, M.; Salas, M.C.; Padilla, M.I.; Moreno, J.; Elorrieta, M.A.; and Carrasco, G. 2001. Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soilless cropping. *Acta Hort.*, 549, 147-152
- Urrestarazu, M.; Salas, M. C.; Mazuela, P. C.; Morales, E. 2006. Bioseguridad a través del agua de riego en la horticultura protegida. *Vida Rural*, 239, 56-58.
- Urrestarazu, M.; Mazuela, P.; Ventura, F.; Guillén, C. 2006. Beneficios de la aplicación de oxígeno en cultivos sin suelo. *Agrícola Vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura*. *Vida Rural*, 292, 195-200.
- Vasander, H. (Ed.). 1996. Peatlands in Finland. Finnish Peatland Society, Helsinki (Finland), 168 pp.
- Veen, B. W. 1988. Influence of oxygen deficiency on growth and function of plant roots. *Plants and Soil*. 111, 259-266.
- Zeroni, M.; Gale, J.; Ben-Asher, J. 1983. Root Aeration in a deep hydroponic system and its effect on growth and yield of tomato. *Scientia Horticulturae* 19, 213-220.

Direcciones de Internet:

<http://www.panreac.es/esp/catalogo/fichastec/121076ES.HTM>

<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>

<http://www.horticom.com/pd/imagenes/59/605/59605.pdf>

<http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es-tfads174.pdf>

<http://www.ediho.es/horticom/fitech3/ponencia/text/fpetit.html>

7. APÉNDICE

Tabla 7.1.a

Parámetros de calidad en plántulas de judía.

Tratamientos	Bandeja-Orden	Nº planta	Diámetro tallo (mm)	Altura de tallo (cm)	Nº de hojas
T0	J1-1	1	4,14	24,40	5
		2	4,45	23,90	5
		3	4,70	18,80	5
		4	4,31	21,40	5
		5	4,09	23,20	5
T1	J1-1	6	4,72	23,40	5
		7	4,64	24,30	5
		8	3,98	22,20	5
		9	4,42	24,20	5
		10	5,19	25,80	5
T0	J1-2	11	4,80	20,40	5
		12	4,32	22,20	5
		13	4,69	26,60	5
		14	4,46	22,00	4
		15	3,77	21,20	5
T1	J1-2	16	4,45	22,50	5
		17	4,33	19,40	5
		18	5,03	23,30	5
		19	4,95	23,40	5
		20	4,49	25,30	5
T0	J2-1	21	4,75	26,10	5
		22	3,89	24,10	5
		23	4,35	27,20	5
		24	4,44	27,90	5
		25	4,32	27,70	5
T1	J2-1	26	5,95	23,40	5
		27	5,08	25,10	5
		28	4,89	23,50	5
		29	4,85	22,60	5
		30	5,23	21,10	5
T0	J2-2	31	5,00	19,30	5
		32	3,94	20,20	5
		33	4,93	20,10	5
		34	4,32	21,40	5
		35	4,72	24,50	5
T1	J2-2	36	5,17	17,20	8
		37	4,16	23,00	5
		38	4,52	22,40	5
		39	4,60	21,90	5
		40	4,67	18,40	5

Datos tomados día 13/12/05, materia seca 20/12/05

Tabla 7.1.b

Parámetros de calidad en plántulas de judía.

Tratamientos	Bandeja-Orden	Nº planta	Peso fresco		Materia Seca		Área Foliar (cm ² /planta)
			Vástago (g/planta)	Raíz (g/planta)	Vástago (g/planta)	Raíz (g/planta)	
T0	J1-1	1	4,59	0,716	0,5926	0,1573	117,9619
		2					
		3					
		4					
		5					
T1	J1-1	6	5,47	0,764	0,6364	0,1517	129,0351
		7					
		8					
		9					
		10					
T0	J1-2	11	4,21	0,438	0,4846	0,1181	113,4983
		12					
		13					
		14					
		15					
T1	J1-2	16	5,21	0,694	0,6045	0,1238	121,0018
		17					
		18					
		19					
		20					
T0	J2-1	21	5,66	0,470	0,6931	0,1148	119,4410
		22					
		23					
		24					
		25					
T1	J2-1	26	6,02	0,850	0,7413	0,1541	158,4320
		27					
		28					
		29					
		30					
T0	J2-2	31	5,15	0,840	0,5867	0,1493	140,2640
		32					
		33					
		34					
		35					
T1	J2-2	36	6,05	1,010	0,7041	0,1735	159,1201
		37					
		38					
		39					
		40					

Datos tomados día 13/12/05, materia seca 20/12/05

Tabla 7.2.a
Parámetros de calidad en plántulas de melón.

Tratamientos	Bandeja-Orden	Nº planta	Diámetro tallo (mm)	Altura de tallo (cm)	Nº de hojas
T0	M1-1	1	3,35	6,60	4
		2	3,50	9,00	4
		3	3,33	6,40	3
		4	3,58	7,50	4
		5	4,25	10,30	4
T1	M1-1	6	3,77	12,20	4
		7	3,91	8,70	4
		8	3,52	7,90	4
		9	4,10	12,40	4
		10	4,40	11,30	4
T0	M1-2	11	3,71	9,30	4
		12	4,55	10,80	5
		13	4,00	11,40	4
		14	3,94	9,20	4
		15	4,68	9,30	4
T1	M1-2	16	3,44	7,30	4
		17	4,54	8,20	4
		18	4,36	9,30	4
		19	4,67	8,00	4
		20	4,23	8,40	4
T0	M2-1	21	3,85	8,70	4
		22	3,98	7,70	3
		23	3,80	7,60	4
		24	3,14	6,30	4
		25	3,28	5,70	4
T1	M2-1	26	4,00	8,20	5
		27	3,19	7,60	4
		28	3,84	8,10	4
		29	4,10	9,70	5
		30	3,30	7,40	4
T0	M2-2	31	4,01	9,60	4
		32	3,52	8,70	4
		33	3,29	6,70	4
		34	3,39	6,80	4
		35	3,62	7,20	4
T1	M2-2	36	3,21	8,80	4
		37	3,81	9,60	5
		38	3,84	8,40	4
		39	3,77	9,30	4
		40	4,55	9,20	5

Datos tomados día 30/01/06, materia seca 4/02/06

Tabla 7.2.b

Parámetros de calidad en plántulas de melón.

Tratamientos	Bandeja-Orden	Nº planta	Peso fresco		Materia Seca		Área Foliar (cm ² /planta)
			Vástago (g/planta)	Raíz (g/planta)	Vástago (g/planta)	Raíz (g/planta)	
T0	M1-1	1	2,21	0,510	0,1818	0,0566	38,9041
		2					
		3					
		4					
		5					
T1	M1-1	6	2,92	0,640	0,2474	0,0686	50,9555
		7					
		8					
		9					
		10					
T0	M1-2	11	3,17	0,870	0,2538	0,0825	55,7512
		12					
		13					
		14					
		15					
T1	M1-2	16	2,28	0,440	0,1957	0,0569	38,4173
		17					
		18					
		19					
		20					
T0	M2-1	21	2,39	0,700	0,1935	0,0672	41,7198
		22					
		23					
		24					
		25					
T1	M2-1	26	2,58	0,660	0,2168	0,0730	46,2968
		27					
		28					
		29					
		30					
T0	M2-2	31	2,39	0,570	0,2070	0,0643	44,1560
		32					
		33					
		34					
		35					
T1	M2-2	36	2,69	0,690	0,2382	0,0750	49,4342
		37					
		38					
		39					
		40					

Datos tomados día 30/01/06, materia seca 4/02/06