

CONSEJOS PRÁCTICOS  
PARA EL ÉXITO DE LA  
**HIDROPONIA**  
EN INVERNADEROS

---

GUILLERMO IBARGÜENGOITIA RENTERÍA

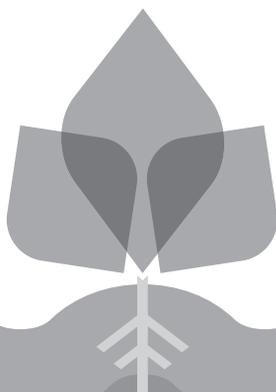




CONSEJOS PRÁCTICOS  
PARA EL ÉXITO DE LA  
**HIDROPONIA**  
EN INVERNADEROS

---

GUILLERMO IBARGÜENGOITIA RENTERÍA



CONSEJOS PRÁCTICOS PARA EL ÉXITO DE LA  
HIDROPONIA EN INVERNADEROS

D.R. Quintanilla Ediciones  
© Guillermo Ibargüengoitia Rentería

Primera edición 2005  
Segunda edición 2020  
Registro INDAUTOR: 03-2004-12211132200-01

Impreso y hecho en México

Diseño Editorial/Diagramación: Quintanilla Ediciones.



# ÍNDICE

- 7 Prefacio
- 9 Introducción
- 11 CAPÍTULO.I  
Generalidades
- 15 CAPÍTULO II  
Empresas relacionadas. Comentarios
- 17 CAPÍTULO III  
Proyecto de un Invernadero
- 25 CAPÍTULO IV  
Cubierta de Plástico, Selección e  
Instalación
- 29 CAPÍTULO V  
Características de Suelos y Sustratos
- 31 CAPÍTULO VI  
Selección del Sustrato y Contenedores de  
Bolsas y Macetas

35	CAPÍTULO VII Proyecto del Sistema de Riego
39	CAPÍTULO VIII Diseño del Sistema de Calefacción
45	CAPÍTULO IX Funcionamiento Biológico de las Plantas
51	CAPÍTULO X Soluciones Nutritivas
59	CAPÍTULO XI Producción de Plántulas
63	CAPÍTULO XII Manejo y Operación del Invernadero
77	CAPÍTULO XIII Sanidad
83	CAPÍTULO XIV Forraje Verde Hidropónico
89	CAPÍTULO XV Germinado de Frijol Mongo
91	ANEXO Memorias del Germinado de Frijol Mongo
93	BIBLIOGRAFÍA



# PREFACIO

Con un lenguaje sencillo y accesible, el autor describe el cultivo de hortalizas en invernaderos, dando valiosas guías para tener las nociones y alcanzar un adecuado nivel de conocimientos para tener, con una buena asesoría, una excelente producción y una óptima calidad en el producto.

Con consejos cortos y sencillos, se tienen en forma clara y concisa las respuestas para adquirir las técnicas más avanzadas y las herramientas básicas para la creación y conciliación de pequeños negocios y microempresas, que pueden ser desarrollados en el contexto socioeconómico actual, tanto en el ámbito rural como en el urbano.

Con esta tecnología de la agricultura moderna, los nuevos interesados en este tema tienen en sus manos la llave para entrar de manera rápida, sencilla y clara en el tema del cultivo de hortalizas en hidroponía bajo invernadero.

Para el productor experimentado, la obra se presenta para que de manera eficaz encuentre el respaldo de conocimientos teóricos para el análisis de problemas que se le presentan en el quehacer cotidiano y encontrar las causas que provocan mermas en la cantidad y calidad de las cosechas.

M.R.





# INTRODUCCIÓN

La falta de empleos, en buena parte de los países subdesarrollados y en vías de desarrollo, es una de las grandes problemáticas. En la década de los 90's, México se vio favorecido por inversiones de capital extranjero que dio la impresión de que ahora sí, como en otras ocasiones, estaba entrando al selecto grupo de países desarrollados, pero, nuevamente, alguna circunstancia de carácter local o internacional lo colocó en su realidad. Si comparamos la economía mexicana con la de China, nos damos cuenta de entre ellas existe una gran diferencia y es la dependencia del extranjero. Mientras en México se tiene la esperanza de que el gobierno o la inversión extranjera sean los encargados de la creación de los empleos, en China cada familia es una “microindustria” que le maquila, por así decirlo, a otra microindustria y ésta a su vez, a otra, hasta completar mil millones de personas trabajando para una economía que no depende del extranjero y que le está produciendo al mundo entero. Bajo este panorama, la solución es la creación de microindustrias familiares que produzcan bienes de capital con tecnología de punta, pero, al mismo tiempo, accesible. Uno de los giros que cumple con estas características es el cultivo de hortalizas bajo invernadero y con producción en hidroponía.

Por tratarse de un giro que en los últimos lustros ha tenido un desarrollo vertiginoso, la falta de literatura es uno de los escollos a vencer. Por

lo que después de leer la información que tuve a la mano tanto en internet como en libros, experiencias con pruebas realizadas y asistencia a tres cursos impartidos por ingenieros de la Universidad Autónoma de Chapingo, decidí ordenar los conocimientos adquiridos, y el resultado es este libro, con la esperanza de que sea de utilidad para todos los que se encuentren en el fascinante mundo de la producción alimentaria.

Sin embargo, aún cuando el libro se presenta en forma de consejos prácticos, va dirigido tanto a principiantes como a productores. Para el caso de los productores que ya tienen tiempo en este giro, es común encontrar lo que en la industria se llama “ceguera de taller”, que no es otra cosa que errores en el manejo y operación del invernadero que, por presentarse de manera cotidiana, no son vistos por el personal que diariamente ahí labora.

Quiero agradecer a los ingenieros Ignacio Miranda Velásquez, Aurelio Bastida Tapia y Juan Morales Parada y, de manera especial, a Don Felipe Sánchez del Castillo quienes, en forma desinteresada y entusiasta, me platicaron sus experiencias en el desarrollo de los cursos mencionados, haciendo posible la realización de este libro.

Desde la primera edición de estos apuntes, en 2005, la tecnología ha facilitado el acceso a toda clase de información casi en cualquier tema, que por medio de tutoriales explican de forma clara la manera de llevar a cabo toda clase de oficio o actividad, y en este tema que nos ocupa no ha sido la excepción, sin embargo, el método que seguí para exponer cada tema con su solución inmediata e integral, ya que se tocan todos los puntos a lo largo de la producción de alimentos.



# CAPÍTULO I

## Generalidades

La construcción de un invernadero cuesta entre \$15 y \$35 dólares americanos el metro cuadrado<sup>1</sup>, dependiendo de múltiples factores, como el nivel de automatización, si lo construye uno mismo, la variación en el precio de los materiales, etcétera. Entre mayor es la superficie, menor es el costo por metro cuadrado.

Por medio del invernadero podemos influir sobre cuatro factores vitales para las plantas: luz, temperatura, humedad relativa y viento.

Gracias a la luz y a la temperatura, las plantas realizan sus funciones metabólicas, como nacer, crecer y reproducirse o dar frutos, por lo que, entre más cercanos estén los valores óptimos que necesita una planta, mayor será su crecimiento y desarrollo en períodos de tiempo menores.

La temperatura del invernadero en el día debe oscilar entre 20 y 30°C. A más temperatura, se incrementa la demanda de agua.

Otro factor externo para el desarrollo de las plantas que podemos controlar con el invernadero, es la humedad relativa, que se refiere a la capacidad de la atmósfera terrestre para retener vapor de agua. Cuando la atmósfera tiene el máximo de su capacidad de retención de vapor de agua, se dice que hay 100% de humedad; y se dice que es relativa

---

<sup>1</sup> Precios vigentes en 2020, se dejan como referencia.

porque la capacidad de retención de vapor de agua varía con la temperatura. A mayor temperatura de la atmósfera, mayor es la capacidad para retener agua. Por ejemplo, se dice 30% de humedad relativa con relación a una temperatura dada.

El viento es otro de los factores que se controla con los invernaderos, evitando que vientos fuertes maltraten los cultivos. Sin embargo, cuando la luz y la temperatura están dentro de los valores adecuados para la fotosíntesis, el consumo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se incrementa, por lo que es necesario ventilar los invernaderos. La atmósfera terrestre mantiene un valor constante de CO<sub>2</sub> de 0.028% aproximadamente.

El contenido de CO<sub>2</sub> en un invernadero durante el día varía entre un mínimo de 0.020% a las 14:00 horas, a un máximo de 0.050% a las 18:00 horas, valor que se mantiene casi constante hasta las 08:00 horas del día siguiente (Fuente: Alpi y Tognoni).

El valor de CO<sub>2</sub> para que las plantas realicen la fotosíntesis a cielo abierto oscila entre 0.06% y 0.09%; sin embargo, para el caso del jitomate, los valores óptimos están entre 0.10% al 0.20%, y para el pepino, 0.10% al 0.30%, es decir, muy por encima de los valores del medio ambiente. Es necesario ventilar el invernadero lo más posible para mantener, cuando menos, el nivel de CO<sub>2</sub> de la atmósfera exterior. Si la temperatura exterior es tal que es necesario mantener cerrado el invernadero durante el día, nunca está de más la producción artificial de CO<sub>2</sub>, procurando no llegar a niveles tóxicos para las plantas y para el personal. Se considera que dentro de un invernadero con ventilas cenitales y ventanas por los cuatro costados, la velocidad exterior del viento se reduce en el interior en un 30% derivado de la malla antiáfidos. Sin embargo, es necesario contemplar otros factores como la altura del cultivo, o los obstáculos externos a los invernaderos, entre otros, por lo que es necesario hacer pruebas en cada caso.

Lo ideal dentro del invernadero es una velocidad del viento entre uno a dos kilómetros por hora, o ampliar el rango desde 500 metros hasta tres kilómetros por hora. Las velocidades más altas aceleran la evaporación del agua aumentando las concentraciones de la solución nutritiva. En la actualidad, se llama “**hidroponía**” al método para cultivar plantas en una tierra o suelo inerte. A esta tierra o suelo se le llama “**sustrato**”, palabras éstas que, hasta hace unas décadas, no aparecían en los diccionarios.

Las plantas toman sus alimentos del agua de riego, por lo que en hidroponía (en España) o hidroponia (en Hispanoamérica) es necesario agregar al agua de riego los elementos químicos en forma de sales para que las plantas se alimenten. A esta agua con sales en suspensión se le llama “**solución nutritiva**”. Por medio de la hidroponía se controlan “las sustancias nutritivas” con las cuales se alimentan las plantas.





## CAPÍTULO II

### Empresas relacionadas. Comentarios

.-La AMHP es la Asociación Mexicana Horticultura Protegida A.C. Brinda a sus socios certidumbre para permitir su desarrollo y beneficios económicos.

.-FIRA es la institución dependiente del Banco de México dedicada a apoyar el desarrollo de los sectores rural, agropecuario, forestal y pesquero del país y ofrece créditos, capacitación, asistencia técnica y transferencia de tecnología.

.-NETAFIM es una empresa que vende mangueras y goteros, además de dar asesoría para cada caso; es importante configurar los sistemas de riego para cada caso en particular, con el objeto de obtener resultados óptimos.

.-Existen empresas que se dedican a la renta de invernaderos, ya sea para algún propósito temporal especial, o para iniciarse en ésta actividad y adquirir experiencia en el ramo, sin hacer la gran inversión.

En Pastejé, Estado de México, en el complejo industrial de IUSA tiene actualmente 83 hectáreas de invernadero en naves de 10 hectáreas cada una. El costo de sus instalaciones fue de 1 millón de dólares por hectárea. La producción se destina al mercado de EU, Canadá y México.

-Los invernaderos de Deser Glorie se encuentran ubicados en Colima y Jalisco; y producen tomate “cherry” para exportación a los Estados Unidos, Esta compañía se apoya mucho en los recursos naturales para la construcción de invernaderos.

.-SOTRAFA es la fábrica de plásticos más grande del mundo. Tienen una gran gama de productos. Sus instalaciones están en Armería, al sur de España y atiende a todo el mundo.

.-HAYFA SOP vende sulfato de potasio muy soluble. Más adelante se verá la importancia de que los compuestos químicos sean de la calidad necesaria para hacer las soluciones nutritivas.

Con lo anterior es necesario que los pequeños productores se acerquen a las instituciones oficiales para recibir los apoyos necesarios técnicos, económicos y comercializar los frutos de nuestro trabajo.



## CAPÍTULO III

# Proyecto de un Invernadero

.-Antes de dar el primer paso para iniciar cualquier proyecto de inversión, es necesario conocer el mercado del bien que se proyecta producir.

.-Además, es necesario conocer las características del cultivo, para proceder a realizar un proyecto de invernadero.

.-En la selección del sitio para nuestro invernadero, es de vital importancia la cercanía al mercado o, en su defecto, considerar los costos del transporte.

.-Para el caso de la lechuga que es muy sensible a la luz se puede sembrar en bancales hasta 16 plantas por m<sup>2</sup>, obteniéndose muy buen rendimiento.

.-No es necesario desinfectar las lechugas, fresas o frutos producidos en hidroponia, ya que en la hidroponia en invernadero el cultivo se realiza en un ambiente inerte.

.-Los pimientos se tardan hasta quince días en nacer y su producción puede tardar dos meses.

.-La producción de jitomate dura entre 2 y 4 meses, pero existen algunas variedades que duran en producción un mes, que son las

que se recomiendan para cubrir ventanas de mercado, esto es, sacar la producción justo en el tiempo en que el producto sube de precio.

.-24 plantas de jitomate dan 100 kg de jitomate en dos meses.

.-Para jitomate se calcula de 2.5 a 3 plantas por  $m^2$ ; si se manejan de 3 a 6 racimos solamente, pueden ser 4.5 plantas por  $m^2$ .

.-En un día claro de verano una sola planta de jitomate consume 3.3 litros de agua.

.-Para cuestiones de proyecto, se pueden considerar de 2.5 a 3 litros de agua diario por planta de jitomate en producción. Para plantas chiquitas, 1 litro.

.-Para el proyecto se calculan para invernaderos de jitomate 11 metros cúbicos de agua diarios por mil metros cuadrados de invernadero.

.-Para 3 hectáreas con 7 días de contingencia sin agua, se necesita un depósito que mida diez por doce metros con 2 metros de profundidad.

.-La Norma NMX-E-255-CNCP-2008 especifica el proceso que debe seguirse para el diseño de invernaderos, así como los principios generales, requisitos de resistencia mecánica, estabilidad, estado de servicio y durabilidad para el proyecto y la construcción de estructuras de invernaderos comerciales con cubiertas de películas plásticas, incluyendo las cimentaciones, para la producción de plantas y cultivos.

.-Para los principiantes se recomienda un invernadero de no más de 300 m<sup>2</sup>, ya sea propio o rentado.

.-No se recomienda construir en terrenos al norte de cerros o en cañadas, porque el tiempo diario de sol es menor.

.-Para ahorrar materiales, es conveniente la construcción de invernaderos en batería, es decir uno tras otro. También se recomienda usar doble capilla (a dos aguas) para climas cálidos tropicales. Se denomina invernaderos adosados los que están pegados a una residencia o construcción, con lo cual se ahorra material de construcción.

.-Es muy necesario considerar 2 fuentes de abastecimiento de agua, o tener un depósito que abastezca todo el tiempo que sea necesario para cubrir la contingencia más grave, ya que el riego se realiza diario y por lo general varias veces al día, a diferencia del cultivo a cielo abierto donde el riego es esporádico.

.-Los invernaderos no deben estar junto a terracerías, porque se llena de polvo la cubierta y reduce la incidencia de luz, además tapa la tela antiáfidos (anti-insectos) lo que es sumamente grave porque reduce la ventilación.

.-Los criterios de orientación son, en primer lugar, los vientos, después la luz y, por último, la pendiente del terreno.

.-Lo primero en tomarse en cuenta es la dirección de los vientos dominantes. La velocidad del viento puede medirse con un anemómetro. Es necesario conocer la velocidad, dirección y frecuencia de los vientos dominantes del sitio.

.-El invernadero debe instalarse perpendicular a los vientos suaves, y paralelo o esquinado a los vientos fuertes.

.-Si, por ejemplo, los vientos dominantes son Este-Oeste, la plantación dentro del invernadero debe ser con ésta misma orientación.

.-Si la fuerza del viento es muy alta, será necesario poner paredes inclinadas.

.-Es recomendable que el sitio de instalación del invernadero tenga la menor pendiente posible.

.-Si se cuenta con barrera de árboles, lo ideales buscar que ésta quede del lado Norte, para evitar las sombras y frenar los vientos del Norte.

.-Los invernaderos que mejor aprovechan la energía del sol son los que tienen los techos curvos si están orientados Norte-Sur, porque los rayos solares inciden en forma perpendicular a la cubierta durante las horas de sol.

.-En un invernadero con cubierta curva, orientado Norte-Sur y con ventilación Oriente a Poniente, las filas del cultivo deberán orientarse Oriente-Poniente, sobre todo para cultivos altos como el jitomate, con el propósito de facilitar la ventilación. Si se trata de cultivos con macetas colocadas en escalera, la orientación del cultivo deberá ser Norte-Sur para evitar que las plantas se den sombra unas a otras.

.-Las ventilas laterales y frontales deben estar a un mínimo de 50 cm del suelo para evitar que el viento fuerte le dé a las plantas en el período de crecimiento.

.-Se pueden instalar hasta 3 naves en batería, si no se usa ventilación forzada, con un ancho de 30 a 50 metros, cuando mucho. Si se trata de cultivar flores o cultivos bajos, puede ser de hasta 60 metros de ancho.

.-Con naves en batería se tiene más volumen de aire en el invernadero, y el tiempo para que se caliente o se enfríe es mayor, es decir, la temperatura es más constante.

.-En batería y sin ventilación forzada, son muy necesarias las ventanas cenitales para que el aire caliente se eleve y salga por la parte superior.

.-Si son en batería, las naves de en medio deben tener ventanas cenitales para mejorar la ventilación, para uniformizar el invernadero se colocan también en las naves de los extremos, pero esto puede provocar circulación deficiente del aire en las naves centrales.

.-Las ventilas cenitales deben estar del lado hacia donde va el viento, para ayudar a que salga el aire caliente del invernadero.

.- El almácigo es el pequeño invernadero donde se siembran las semillas para la producción de plantulitas, que serán trasplantadas a los invernaderos definitivos.

.-Los almácigos deben quedar del lado de donde normalmente viene el viento para evitar enfermedades en las plántulas.

.-El hondo de los canalones para desagüe de agua pluvial debe calcularse para una pendiente de 0.5% y desaguar una longitud de 50 metros. Sin embargo, es necesario calcular el volumen de agua por superficie del techo en caso de un probable chubasco, para que la

canaleta tenga capacidad de desaguar y se eviten goteras cuando el invernadero ya este en operación.

.-Se recomienda la instalación de tubos para la bajada de agua de los canalones o canaletas para evitar que la erosión descubra los cimientos del invernadero.

.-La bajada de agua de las canaletas al suelo puede ser parte de la estructura del invernadero.

.-El galvanizado del fierro para la estructura se mide en lb/pie<sup>2</sup>. Así, G-90 es 90 lb/pie<sup>2</sup>, lo más comercial es G-60.

.-El tutoraje (colgar los tallos de las plantas del techo o de otra estructura) se debe calcular con un peso de 30 kg / m<sup>2</sup> para racimos de 6 frutos por planta para tomate; en caso de más racimos, calcular 50 kg / m<sup>2</sup>.

.-Las partes de la estructura del invernadero son: postes, larguero perimetral, larguero medio, larguero de cielo (que va montado a la altura de los postes), travesaño de cielo, cumbrera, (que es el larguero superior que divide las dos-aguas), travesaños diagonales, montante, (que va en forma vertical entre los travesaños diagonales y el travesaño de cielo), peralte (la distancia entre la cumbrera y el travesaño de cielo), y en el caso de invernaderos con techos curvos se tienen las costillas.

.-En un invernadero bien diseñado se equilibran las cargas para reducir el material, y por consiguiente el costo.

.-La estructura del invernadero se calcula para soportar cargas

muertas, es decir, que están todo el tiempo, y cargas vivas que se dividen en dos, las permanentes como plantas (tutoraje) y equipos y las cargas accidentales como son vientos, granizo, agua de lluvia, basura, etcétera.

.-Para invernaderos pequeños la distancia entre postes puede ser de 3 metros, en las zonas de vientos fuertes, pueden colocarse cada 2 metros. Las paredes frontales deben estar más reforzadas.

.-La presión del viento ( $P_h$ ) en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  en función de la velocidad del viento ( $V$ ) en  $\text{km.}/\text{hora}$ , se puede calcular mediante la fórmula.

$$P_h = 0.0075 \times V^2.$$

Si la incidencia del viento en la pared no es perpendicular se calcula con la fórmula

$$P = \frac{2 P_h \text{ sen } A}{1 + (\text{sen } A)^2}$$

en donde  $A$  es el ángulo del peralte del techo del invernadero (normalmente entre  $20$  y  $30^\circ$ ) o también, el ángulo entre la dirección del viento y la pared del invernadero.

.-Una barrera rompevientos de malla mosquitero de 5 metros de alto protege hasta una distancia de 50 Metros.

.-Para zonas calurosas y con baja humedad relativa, se puede construir en una de las paredes del invernadero una pared húmeda de tezontle, instalando en el lugar de una de las paredes, dos mallas metálicas con cuadrícula de 0.5 cm, separadas una de otra unos 8

cm y rellenando el espacio entre ambas con grava de tezontle de 1 cm de diámetro. El funcionamiento consiste en dejar caer agua en el tezontle y forzar la entrada de aire al invernadero con unos ventiladores o extractores, estos últimos se instalan en la pared opuesta.

.-La distancia mínima entre extractores es de 8 metros.

.-Si la humedad relativa dentro del invernadero se eleva con la operación de la pared húmeda de 30% a 70% de humedad relativa, se tendrán 10°C menos en el interior del invernadero.

.-Si en el área donde se encuentran los invernaderos se fabrica composta para otros procesos, por cuestiones de estética ésta área debe asignarse en la parte de atrás de los invernaderos.



## CAPÍTULO IV

# Cubierta de Plástico, Selección e Instalación

.-Al invernadero entran rayos de luz de onda corta. Al pegar la luz del sol en la superficie de la tierra, ésta se calienta y refleja energía de ondas largas en forma de calor. En el caso de los invernaderos, las ondas largas no traspasan la cubierta del invernadero, calentando el interior del mismo (esto es el efecto invernadero).

.-Un día soleado tiene una energía luminosa de 1,700 micromol por metro cuadrado cada segundo.(micromol=millonésima de mol)

.-La fotosíntesis se produce desde 100 hasta 1,500 micromol por metro cuadrado por cada segundo.

.-La cubierta del invernadero puede ser de acrílico ondulado, que dura 15 años, o de poliéster con fibra de vidrio, que cuesta la cuarta parte, pero dura 3 años porque se pone opaca. Estos dos tipos de cubiertas son muy semejantes en apariencia.

.-Las cubiertas de plástico para invernadero son las más usadas, se venden por peso, 1 kg cubre 5 m<sup>2</sup> aproximadamente, cuesta \$40.00 el kg. y dura 3 años.

.-En las cubiertas de alta dispersión de luz, cuando se observa a través de esta sólo se ve la silueta.

.-Con cubierta de plástico transparente al 30% se tienen 1,300 micromol por m<sup>2</sup> por segundo; con cubiertas de plástico blanco lechoso 800 y con plástico al 50%, 600 micromol por m<sup>2</sup> por segundo.

.-La cubierta de plástico debe recibir un tratamiento con níquel (verde) o con titanio (blanca) para evitar que la radiación ultravioleta del sol rompa la molécula del polietileno.

.-Si la entrada de luz es demasiada, se puede instalar tela de aluminio a la altura de los postes sostenida de los travesaños de cielo. La tela de aluminio es similar a las mallas-sombra que quitan más luz que calor.

.-Si la cubierta no da luz difusa y en un momento tal, que las hojas no den sombra en la base del tallo, el agua junto al tallo se evapora y los cristales de las sales sirven de lupa, quemándose la epidermis del tallo, además de que se forman hongos; razones suficientes para las plantas se mueran.

.-El grosor de la cubierta plástica se mide en micras o galgas. Una galga es una millonésima de pulgada; una micra es una milésima de milímetro, y 1,000 micras son 250 galgas. Las cubiertas de plástico más comunes tienen aproximadamente 600 galgas o 150 micras.

.-Medio milímetro es igual a 500 micras o micrones.

.-Las mejores cubiertas de plásticos producen luz difusa y con mayor porcentaje posible. Es conveniente recordar que la mejor cubierta es el vidrio, que deja pasar el 100% de los rayos solares. Sin embargo, las plantas se desarrollan mejor con luz difusa. Las mejores cubiertas de plástico tienen 25% de detención de luz, esto es refracción de luz a la atmósfera.

.-Las cubiertas para invernaderos para la producción de hongos, setas o champiñones son de plástico negro. También hay de policarbonato.

.-El plástico que es resistente los rayos UV tiene derecho y revés, es necesario tener presente esto al momento de instalarlo, además de ser resistente a los rayos UV, filtra este tipo de rayos.

.- Además hay cubiertas de plástico que tienen derecho y revés por la condensación del vapor de agua, el anti-goteo va por dentro y el anti-polvo por fuera. En el caso de plásticos con tratamiento térmico, se puede instalar de cualquier forma, siempre que el proveedor no indique lo contrario.

.- Uno de los objetivos de filtrar los rayos UV es para evitar la producción de hongos, además desorienta a algunos insectos, evitando que se encuentren los machos y las hembras.

.-Es recomendable forrar el tubo cenital con plástico viejo o con cualquier aislante térmico barato para que no se caliente el plástico de la nueva cubierta y evitar el envejecimiento prematuro.

.-Cuando se está instalando el plástico, no se debe estirar demasiado porque se debilita.

.-Los alambres zigzag para la sujeción de las cubiertas no deben ser de más de 10 metros de largo, esto es porque, si se sale una punta de su lugar por el jalón del plástico debido al viento, se sale todo el tramo de zigzag.

.-Cuando se está instalando la cubierta es recomendable instalar una tira de plástico adicional (10 cm) para que el alambre zigzag no

machuque la cubierta nueva y la dañe. Estas tiras pueden ser de la cubierta vieja que previamente se retiró o si es la primera vez que se instala el invernadero, cortar tiras de los sobrantes de la cubierta nueva.

.-Las cortinas de las ventanas se pueden instalar por dentro o por fuera de la malla antiáfidos, por dentro se ensucian menos.

.-Se puede instalar doble cubierta de plástico para tener mejor aislante térmico, las 2 capas deben quedar separadas una de otra unos 10 cm. Si las dos cubiertas están sostenidas por el mismo alambre zig-zag, se puede instalar una bomba de aire para inyectar aire y separar las dos cubiertas; o también es posible instalar una cubierta por fuera del armazón y otra por dentro.

.-En caso de daños, las cubiertas de plástico se pueden parchar con cinta canela o cinta gris.

.-Sobre la cubierta de plástico no se debe colocar malla-sombra, porque calienta y envejece la cubierta de plástico.



## CAPÍTULO V

# Características de Suelos y Sustratos

.-La arcilla y la materia orgánica del suelo tienen carga negativa, razón por la que “adsorben” (penetración superficial de un líquido o gas en un sólido) cationes, esto se define como “Capacidad de Intercambio Catiónico” (CIC).

.-En un sustrato hidropónico, un CIC alto es malo, porque en la solución nutritiva se ponen todos los iones que necesita la planta de modo tal que con el CIC alto los nutrientes los adsorbe el sustrato quitándoselo a las plantas. En cambio, en el suelo, el CIC es bueno, porque si no se tiene esta característica en el suelo, los iones se drenan con el agua.

.-Los suelos con carbonatos ( $\text{CO}_3^{--}$ ) forman compuestos con los cationes y no dejan que éstos sean absorbidos por las plantas.

.-Por lo anterior, en un análisis de suelos es muy importante solicitar contenido de carbonatos.

.-Una manera práctica de saber si tiene carbonatos, es ponerle a la tierra ácido clorhídrico al 10%. Entre más burbujee es señal de más alto contenido de carbonatos. El ácido muriático comercial es ácido clorhídrico de baja densidad.

.-Tanto el aluminio y el plomo son perjudiciales para la planta.

.-Como ejemplo, si la plantación es en suelo y se usa fertiriego y el análisis del suelo indica 140 ppm de nitrógeno y el del agua 20 ppm de nitrógeno, es necesario agregar al agua 140 ppm de nitrógeno, ya que las plantas necesitan 300 ppm.



## CAPÍTULO VI

# Selección del Sustrato y Contenedores de Bolsas y Macetas

.-El ancho de los camastros o hileras de macetas o bolsas dentro del invernadero no debe ser mayor de 2 veces el largo del brazo del personal que cosecha, esto para facilitar el trabajo.

.-El ancho de los pasillos procurar que sean lo más angosto posible para aprovechar al máximo el área del invernadero, pero que se pueda circular. Se recomienda de 50 cm.

.-En el acomodo de las plantas, considerar la sombra de los canalones de desagüe del techo del invernadero esto es en el caso de que los canalones se encuentren orientados Oriente-Poniente.

.-Con macetas más grandes los riegos son más espaciados, tomarlo en cuenta por si falla el sistema de riego, poner los contenedor o macetas lo más grande posible, pero que sea manejable por el peso de la maceta con el sustrato, sobre todo si es sustrato barato y con poca retención de agua.

.-Cuando se usan bolsas como contenedores deben tener hoyos en la parte lateral hasta abajo para facilitar el desagüe.

.-Las bolsas para sustratos se pueden perforar todas juntas con una broca de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, cada una debe tener de 6 a 10 perforaciones.

.-Los nematodos son parásitos que atacan a la planta en la raíz y se

mueven por capilaridad en el agua, por lo que se recomienda poner en el fondo de las bolsas de sustratos 5 centímetros de grava antes de llenarlo con el sustrato seleccionado, para evitar que éstos lleguen a la planta.

.-Las bolsa blanca por fuera y negra por dentro puede producir una diferencia de temperatura de hasta 10°C en el sustrato.

.-Un sustrato óptimo es el que después de ahogado y drenado por un minuto queda con 32.5% de agua (es el agua inicial que llena el contenedor menos el agua drenada), 25% de aire (que representa el volumen del agua drenada) y 42.5% de sólidos (que es el volumen total del contenedor menos el volumen del agua que se añade para ahogar el sustrato).

.-Si la solución nutritiva tiene un proceso de oxigenación, el porcentaje óptimo de aire en el sustrato drenado, será menor, dependiendo del proceso de oxigenación.

.-En el período entre un riego y el siguiente, el agua disponible para la planta se reduce, pasando de 32.5% a quizás un 10%, de manera tal que se incrementa el porcentaje de aire en el contenedor, dando oportunidad de que se oxigene la raíz.

.-En el caso del tezontle usado como sustrato, retiene 16% de agua, 26% de sólidos y 58 % de aire. Después de una cosecha se puede reusar esterilizándolo poniéndolo al sol.

.-La grava de tezontle de tamaño entre 0.25 y 2.5mm, retiene 27 mililitros de agua en un litro.

.-Los suelos se clasifican en arcillosos (al tacto pegajosos), arenosos (rasposos) y limus (jabonosos), si el suelo es equilibrado se dice que es franco.

.-Algunas de las propiedades químicas de los suelos y sustratos son: pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de saturación de bases, contenido de sales solubles y capacidad buffer. Esta última es la capacidad del sustrato para amortiguar los cambios bruscos del pH de la solución nutritiva.

.-En México los suelos son deficientes de potasio y en, algunos lugares, de calcio.

.-Una gota constante en un suelo arenoso produce un cono (invertido) de humedad profundo y de poco diámetro; en cambio, en uno arcilloso produce un cono de humedad de más diámetro y menor profundidad.

.-Se pueden “campechar” los sustratos, es decir poner dos o más tipos en el mismo contenedor, pero deben quedar bien revueltos.

.-Cuando se adquieren turbas (materia orgánica esterilizada también llamada peat moss) para ser usada como sustratos, se debe tener cuidado de que no estén muy ácidas o, comprarlas ya tratadas.

.-La “lana de roca” es un sustrato que se usa en una sola cosecha, se obtiene de unas piedras que se ponen a altas temperaturas en hornos.

.-A algunas plantas no le gustan algunos sustratos, es el caso de la orquídea con la agrolita (es un sustrato).

.-Se debe desinfectar el sustrato después de la cada cosecha ahogándolo en una solución de ácido sulfúrico al 3% durante 8 días. Después se debe enjuagar muy bien con agua limpia.





## CAPÍTULO VII

# Proyecto del Sistema de Riego

.-En los cultivos hidropónicos el riego es controlado o automatizado, y existen distintos modos de determinar las necesidades del riego, lo cual depende de las características del sustrato y del tipo de planta.

.-El principal criterio para el diseño del sistema de riego es la optimización del agua.

.-En invernaderos con hidroponia, se usan 2 tipos de sistemas de riego, que son: Ciclo abierto y Ciclo cerrado, la diferencia entre ellos es que en el ciclo cerrado se recicla la solución nutritiva.

.-Una de las desventajas del ciclo cerrado es que cuando se presenta una variación en las concentraciones de sales por la evaporación de agua, o se presenta alguna contaminación en la solución nutritiva, es necesario corregir la solución a la brevedad para evitar daños en el cultivo. El gran inconveniente es que es difícil saber que las concentraciones han variado antes de que dañen el cultivo

.-Cuando el riego se realiza por goteo, no se recomienda el ciclo cerrado porque la solución nutritiva recuperada es menor al 20%; además de que el gasto en el sistema por goteo es relativamente bajo.

.-Una bomba de 1 HP es suficiente para un invernadero de 2,500 m<sup>2</sup>.

.-Para la tubería principal no se recomienda usar tubo galvanizado ni de cobre, porque puede modificar las características químicas de la solución nutritiva.

.-Para el proyecto, se calculan en invernaderos de tomate 11,000 litros de agua diarios por 1,000 m<sup>2</sup> de invernadero.

.-Para algunos tipos de tomate, la frecuencia de riego es 2 veces al día, durante 10 minutos cada uno para completar 1 litro diariamente. El consumo de agua de una planta de tomate de 40 cm de altura es de ¼ de litro diario, aumentando a medida que crece.

.-Hay sistemas de riego drenantes (que se vacían cuando se para la bomba), y antidrenantes (que no se vacían cuando la bomba para), de modo que se calienta el agua en la tubería formando burbujas de vapor que pueden quemar la bomba cuando arranca de nuevo. Es necesario purgar la bomba cada vez.

.-Al hacer la instalación del riego se debe tener cuidado de retirar las tapas de empaque de tubos y válvulas.

.-Para la elaboración final de la solución nutritiva se adquieren en el mercado un sistema de inyectores, un inyector por micronutriente.

.-El sistema de inyectores para conformar la solución nutritiva debe estar protegido del sol o calor para evitar el envejecimiento prematuro por rayos UV.

.-El Rotámetro es el instrumento que mide el gasto de líquido en una tubería.

.-Cuando se usan vénturis en lugar de sistema de inyectores, la bomba

de agua consume más energía eléctrica, y si la cantidad de concentrado no es suficiente, se necesita una bomba más grande para el funcionamiento correcto de los venturís.

.-El punto más sensible del sistema de riego es el gotero, por eso es necesario la instalación de filtros de impurezas y sarro para asegurar su buen funcionamiento.

.-El sistema de riego con gotero utiliza baja presión de agua y alta frecuencia, es decir, que se pueden aplicar varios riegos al día.

.-Para contenedores individuales como macetas o bolsas, no se recomienda el riego con manguera o cintilla con goteros, ya que la gota puede caer fuera del contenedor.

.-La cintilla con goteros (no confundir con la manguera flexible) es apropiada para bancales.

.-En terrenos planos se utilizan goteros normales y en terrenos con pendiente se utilizan goteros autocompensados.

.-Los goteros autocompensados son los que tienen una gota constante independientemente de la presión de agua.

.-La instalación de filtros deben estar antes de la bomba y también después. Para garantizar el buen funcionamiento, es necesaria la revisión de los filtros periódicamente.

.-Si el depósito de agua esta a cielo abierto, se necesita un pre-filtraje; de igual forma si se trata de un pozo profundo, posiblemente se necesite eliminar la arena.

.-Un solo manómetro puede servir para toda la instalación, sólo que se deben instalar válvulas a todo lo largo de las tuberías, para colocar el manómetro cada vez que se requiera.

.-Un gotero es suficiente por maceta o bolsa.

.-Hay goteros de 2 a 4 litros de agua por día, o de 1 a 8 litros por día.

.-Si las hileras de plantas y pasillos están orientadas Este-Oeste, las mangueras de los goteros se deben colocar del lado Norte, para que no les pegue el sol y se formen burbujas de vapor dentro de ellas.

.-La instalación de riego debe tener válvulas check para evitar retornos cuando la bomba no está funcionando. Y al arrancar de nuevo la bomba, evitar altas concentraciones de micronutrientes.

.-En hidroponía se recomienda aplicar mínimo 3 riegos al día.

.-Es práctico instalar válvulas para drenar sólidos al final de las tuberías del riego.

.-Para la automatización del riego, además del tiempo, se debe tomar en cuenta la humedad relativa, la transpiración de las plantas y la radiación solar o altas temperaturas.



## CAPÍTULO VIII

# Diseño del Sistema de Calefacción

.-1 Kilocaloría es la energía necesaria para subir la temperatura de un litro de agua de 14.5°C a 15.5°C

.-Una Kilocaloría es igual a 3.97 BTU y a 4,186 Joules

.-Se tienen 4 formas de perder calor durante la noche en un invernadero:

-Conducción a través de la cubierta =  $q_1$

-Convección o Filtración por las ventanas =  $q_2$

-Radiación de onda corta de las plantas =  $q_3$

-Conducción a través del suelo =  $q_4$

La pérdida total de calor en un invernadero es  $Q_{total} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$  Kcal/hora

-Los datos necesarios para el cálculo son:

Área techada del invernadero ( $S_r$ )

Superficie expuesta del invernadero ( $S$ )

Volumen del invernadero ( $V$ )

Material de cubierta ( $K$ ,  $R$  y  $Pr$ )

Velocidad del viento ( $R$ )

Temperatura interior deseada ( $t_i$ )

Temperatura exterior mínima esperada ( $t_e$ )

A manera de ejemplo, se tiene un invernadero de 10 por 30 metros, a dos aguas, con 3 metros de altura de postes y 2 metros del poste al larguero superior, con cubierta de polietileno.

Esto es:

Área techada del invernadero  $S_r = 300 \text{ m}^2$

Superficie expuesta del invernadero:

Paredes laterales  $= (3 \times 30) \times 2 = 180 \text{ m}^2$

Frentes  $= ((3 \times 10) + (2 \times ((5 \times 2) / 2))) \times 2 = 80 \text{ m}^2$

Techos  $= (\sqrt{(2 \times 2) + (5 \times 5)}) \times 30 = (5.38 \times 30 \text{ por cada agua})$

Techos  $= (10.77) \times 30 = 323 \text{ m}^2$

Superficie expuesta del invernadero  $S = 180 + 80 + 323 = 583 \text{ m}^2$

Volumen del invernadero  $V = ((10 \times 3) + (2 \times ((5 \times 2) / 2))) \times 30 = 1200 \text{ m}^3$

Material de cubierta Polietileno

Velocidad del viento Cero Km/hr

Temperatura interior deseada  $10^\circ\text{C}$

Temperatura exterior mínima esperada  $-1^\circ\text{C}$

Pérdidas de calor de conducción por la cubierta  $= q_1 = K \times S (t_i - t_e)$

K es el coeficiente de conducción de la cubierta en  $\text{Kcal}/\text{M}^2/\text{hr}/^\circ\text{C}$ :

K para vidrio  $= 5.51$

K para polietileno  $= 5.85$

K para polietileno 2 capas  $= 3.40$

K poliéster fibra de vidrio  $= 4.78$

K PVC  $= 4.49$

Para el cálculo de  $q_1$ , se estima que se pierden  $5.85 \text{ Kcal/m}^2$  por la cubierta de polietileno por cada  $^\circ\text{C}$  de diferencia de temperatura entre el exterior y el interior ( $3.40 \text{ Kcal/m}^2$  cuando se trata de 2 cubiertas de polietileno).

En nuestro ejemplo,  $q_1 = 5.85 \times 583 (10 - (-1)) = 37,516.05 \text{ Kcal/hora}$

Para el cálculo de  $q_2$  suponemos que todas las ventanas están cerradas

Pérdidas de calor por filtración  $q_2 = 0.35 V \times R (t_i - t_e)$

Donde R es el número de renovaciones de aire por hora dentro del invernadero

DIFERENTES VALORES DE  
VELOCIDAD DEL VIENTO DENTRO DEL INVERNADERO \*

MATERIAL	VELOCIDAD	Del	VIENTO
	0 km/hr	10 km/hr	20 km/hr
Vidrio	2	3	4
Poliéster Fibra de Vidrio	1	1.5	2
Acrílico	1	1.5	2
Polietileno y PVC	0.5	1	1.5

\*Datos de los apuntes del curso de D. Sánchez del Castillo

$$q_2 = 0.35 (1200 \times 0.5) (10 - (-1))$$

$$q_2 = 2,310 \text{ Kcal/hora}$$

$q_3 =$  Pérdida de energía por radiación

$$q_3 = 0.000000044 \times S_r \times P_r \times (T_i - T_e)$$

En donde:

0.000000044 es la constante de Stefan-Boltzman en  $\text{Kcal}/\text{m}^2/^\circ\text{K}$ ;

Sr es la superficie radiante (área techada del invernadero);

Pr es el coeficiente de permeabilidad de la cubierta;

Ti es la temperatura deseada interna en grados Kelvin;

Te es la temperatura mínima esperada en grados Kelvin

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DE DISTINTOS  
MATERIALES USADOS EN INVERNADEROS

MATERIAL	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD
VIDRIO	0.04
POLIESTER FIBRA DE VIDRIO	0.04
ACRÍLICO	0.04
POLIETILENO	0.8
POLIETILENO (2 capas)	0.64
PVC	0.35

Para nuestro ejemplo:

$$q_3 = 0.000000044 \times 300 \times 0.80 \times ((10+273)-(-1+273))$$

$$q_3 = 0.00001056 \times (6414247921 - 5473632256)$$

$$q_3 = 0.00001056 \times (940615665) = 9932.9 \text{ Kcal/hora}$$

$$q_4 = 0.1 (q_1 + q_2 + q_3)$$

Para nuestro ejemplo:

$$q_4 = 0.1 (37,516.05 + 2310 + 9932.9)$$

$$q_4 = 0.1 (49,758.95) = 4,975.89 \text{ Kcal/hora}$$

$$\text{Pérdida Total de Calor } Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 37,516 + 2,310 + 9,932 + 4,975$$

$$Q = 54,733 \text{ Kcal}$$

$$Q = 54,733 \times 3.97 \text{ BTU/Kcal} = 217,290 \text{ BTU}$$

1 kilogramo de gas licuado tiene 8,000 Kcal, por lo que, el consumo cada hora será:

$$54,733 / 8,000 = 6.84 \text{ Kg de gas licuado cada hora.}$$





## CAPÍTULO IX

# Funcionamiento Biológico de las Plantas

.-Para que los vegetales tomen sus alimentos es necesario: Materia para comer, Energía (solar y calorífica), e Información genética.

.-Hay 16 elementos químicos que son indispensables para la mayoría de las plantas; se conocen como elementos esenciales, porque están implicados en el su metabolismo y, sin ellos, no se completa el ciclo de vida. Por la cantidad que necesitan las plantas, se dividen en macronutrientes y micronutrientes.

.-Los macronutrientes son aquellos que se necesitan con una concentración de 40 partes por millón (ppm) o mayor, y los micronutrientes tienen una concentración de 10 ppm o menor.

.-Los elementos químicos dentro de los macronutrientes son: carbono(C), hidrógeno(H) y oxígeno(O), que las plantas lo toman del aire o del agua; y nitrógeno(N), fósforo(P), potasio(K), calcio(Ca), magnesio(Mg) y azufre(S), que las plantas lo toman a través de la raíz.

.-Los micronutrientes son: hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), cloro (Cl) y molibdeno (Mo), que las plantas los toman a través de la raíz.

.-Cuando en la atmósfera del invernadero no hay suficiente CO<sub>2</sub> o hay demasiado O<sub>2</sub>, la función se realiza con O<sub>2</sub> alterando la producción del cultivo.

.-Las hojas que nacen cuando la planta tiene luz difusa, están preparadas para funcionar con este tipo de luz. Si después sale el sol, se ponen marchitas porque su cutícula (superficie) es más delgada.

.-La planta para nutrirse necesita elementos químicos en forma de iones como son el oxígeno  $O^{2-}$ , que lo toma de  $O_2$  del aire a través de la raíz, hidrógeno  $H^+$  que lo toma del  $H_2O$  y carbono  $C$  que lo toma del  $CO_2$ .

.-Además, la planta para alimentarse “absorbe” los demás nutrientes también en forma de iones diluidos en el agua a través de la raíz. Al agua con las sales con los elementos químicos diluidos se le llama **Solución Nutritiva**.

.-La planta toma a través de la raíz los elementos químicos que se encuentran diluidos en el agua en forma de sales, descomponiendo sus moléculas, y tomando los elementos o radicales con carga eléctrica (iones).

.-Los iones positivos se llaman cationes, los negativos se llaman aniones.

.-Los cationes son potasio  $K^+$ , calcio  $Ca^{++}$ , magnesio  $Mg^{++}$ , fierro  $Fe^{++}$ , cobre  $Cu^{++}$ , manganeso  $Mn^{++}$  y zinc  $Zn^{++}$ .

.-Los aniones son bases (también llamados radicales por tratarse de más de un elemento químico), para el nitrógeno  $NO_3^-$ , para el boro  $BO_4^{--}$ , para el potasio  $PO_4^{--}$ , para el molibdeno  $MoO_4^-$  y el cloro  $Cl^-$ .

.-Los cationes son más difíciles de ser absorbidos por las plantas.

.-Los elementos (en forma de iones) que toma la planta a través de la raíz y que se mueven con facilidad dentro de la planta son  $N$ ,  $P$ ,  $K$ ,  $Mg$  y

Zn. Los más difíciles son Ca, Fe, S, B, Cu, Mn, Mo, y Cl, siendo el calcio y hierro los más difíciles.

.-El exceso o falta de alguno de los elementos químicos necesario para las plantas está indicada en las diferentes literaturas que se encuentran en el mercado.

.-Los rayos solares fijan el N<sub>2</sub> al suelo, el N<sub>2</sub> puro no se puede fijar a la planta directo de la atmósfera, se fija a la planta por medio de sales a través de la raíz.

.-Por los conductos llamados “gilemas” suben los iones desde la raíz al follaje a través del tallo.

.-Al llegar a las hojas, se producen los carbohidratos que alimentarán a la planta y se distribuyen a las flores, semillas y frutos además de tallos hojas y raíces por medio de los conductos llamados “floemas” que se encuentran en la corteza de los tallos.

.-Cuando la solución nutritiva está a una temperatura igual o menor de 10°C, el fósforo no se mueve en la planta. También el calcio, el hierro y el potasio tienen dificultades con temperaturas bajas produciendo la caída de la flor.

.-Sinergismo es el fenómeno que favorece la asimilación de un elemento con la presencia de otro.

.-Hay sinergismo entre nitrógeno y sodio, calcio y molibdeno, boro y molibdeno.

.-El antagonismo es el fenómeno que inhibe la asimilación de un elemento con la presencia de otro.

.-Ejemplos de antagonismo entre magnesio y potasio, es decir si no hay magnesio se favorece la presencia del potasio. También hay antagonismo entre zinc y fierro, nitrógeno y zinc.

.-La movilidad de los elementos en las plantas, puede ser alta media o baja, y dependerá del tipo de planta y del estado fenológico (la edad de la planta o de cada hoja) en que se encuentre. Para condiciones óptimas los “elementos móviles” son nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio, cloro, sodio, molibdeno y zinc; y los inmóviles son calcio, azufre, hierro, cobre, y boro.

.-Si el ambiente está muy húmedo y/o con bajas temperaturas se dificulta la movilización de Ca y Fe y las hojas tiernas se ponen amarillas.

.-Con deficiencias de elementos móviles se presentan los síntomas en hojas maduras, y de elementos inmóviles en hojas tiernas y frutos.

.-La deficiencia de Ca, K ó Mg se puede confundir.

.-La fotosíntesis baja tanto con bajas como con altas temperaturas.

.-Las enzimas son proteínas que aceleran las reacciones bioquímicas de la planta.

.-El uso de cubiertas en el piso del invernadero de color aluminio o blanco aumenta la fotosíntesis, activando los cloroplastos del envés de las hojas.

.-El cuadro siguiente muestra antagonismo y sinergismos de los elementos químicos que alimentan las plantas

**SINERGISMO Y ANTAGONISMO ENTRE IONES**

Sinergismo	Catión	Anión
Cationes y aniones que se ayudan mutuamente para entrar a las plantas.	K <sup>+</sup> Mg <sup>+2</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Ca <sup>+2</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Antagonismo	Catión	Anión
Cationes y aniones que producen precipitados insolubles por una alta afinidad de cargas.	Ca <sup>+2</sup> Ca <sup>+2</sup> Mg <sup>+2</sup> Zn <sup>+2</sup> Ca <sup>+2</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> BO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>
Antagonismo	Catión	Catión
Cationes que compiten entre si para entrar a la planta.	K <sup>+</sup> Na <sup>+</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Ca <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup> Mg <sup>+2</sup> K <sup>+</sup> Ca <sup>+2</sup> Mg <sup>+2</sup> Mg <sup>+2</sup> Mg <sup>+2</sup>
Antagonismo	Anión	Anión
Aniones que compiten entre si para entrar a la planta.	Cl <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>

**ASIMILACIÓN, SINERGISMOS (AUMENTO) Y ANTAGONISMOS (DISMINUCIÓN) DE NUTRIENTES**

ASIMILACION DE NUTRIENTE	DISMINUYE LA ASIMILACION DE	AUMENTA LA ASIMILACION DE
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> P K Ca Mg Fe Zn Cu Mn	Mg, Ca, K, Mo Fe, Zn Cu, Zn Ca, Mg Ca, K Cu, Zn Cu, Zn, Mo Zn, Ca, Mo	Mn, P, S, Cl Ca, Mg, K, Mo Mo, Mn (suelos ácidos) Mn (suelos básicos) Mo

Información proporcionada por Nutriterra.com





# CAPÍTULO X

## Soluciones Nutritivas

.-En hidroponia se les suministran a las plantas los nutrimentos que toma por las raíces disolviendo en el agua de riego las diferentes sales que contienen los elementos químicos necesarios para su desarrollo biológico. Al agua con las sales disueltas se le llama solución nutritiva.

.-Una de las características químicas de la solución nutritiva es el grado de acidez o alcalinidad, que es la cantidad de iones de hidrógeno en la solución nutritiva, y se le llama potencial de hidrógeno, o simplemente pH. En palabras simples, el pH es la medida del grado de acidez de una sustancia.

.-El agua químicamente pura tiene un pH de 7, si es ácida el pH estará entre cero y 7, y si es alcalina el valor de pH será entre 7 y 14.

.-La mayoría de las plantas toman sus nutrientes con más eficiencia cuando la solución nutritiva tiene un pH de 6.5, por lo que es necesario en hidroponia medir constantemente el pH de la solución nutritiva.

.-El pH óptimo para la gran mayoría de las plantas es 6.5.

.-Para conocer el valor del pH de la solución nutritiva, se mide con un aparato llamado *pHímetro* electrónico disponibles en el mercado, o con tiritas de papel tornasol, que se pueden adquirir en laboratorios de análisis clínicos.

.-Para saber si el papel tornasol indica en forma correcta, se recomienda ponerlo en agua destilada durante dos minutos, que es el tiempo recomendado para que la solución reaccione en el papel tornasol, y no debe tener cambios en las tonalidades de sus colores. En producciones comerciales se recomienda usar tanto el papel tornasol como el *pHímetro* para evitar errores en la medición.

.-La preparación de la solución nutritiva se realiza diluyendo en el agua primero el compuesto menos soluble, y después los más solubles.

.-En un recipiente grande (atendiendo a la superficie del cultivo) se prepara la solución de los macronutrientes y por separado, en menor proporción, se prepara la solución de micronutrientes, para después mezclarlos y tener la solución para el riego (Ver capítulo IX).

.-Para la preparación de los micronutrientes usar agua destilada. El agua potable embotellada (en garrafón), es casi destilada.

.-Si una sal tiene una solubilidad de 1:1, quiere decir que se disuelve 1kg en un litro de agua; para 1:14, se disuelve 1kg en 14 litros de agua destilada.

.-En hidroponia la solubilidad de las sales debe ser menor de 1:20. Hayfa es una compañía seria que vende estas sales.

.-Los compuestos para las soluciones nutritivas vienen al 80% ó 90% que es el grado de impureza. Se dice que es la presentación industrial.

.-Por economía se deben comprar sales de grado industrial y hacer la corrección correspondiente. Por ejemplo, una sal industrial al 80%, contiene 20% de impurezas.

.-Si se entibia el agua las sales se disuelven mejor.

.-El nitrato de calcio es una de las sales más empleadas en hidroponía, se recomienda la marca el “Barco Viquingo”, que es una de las más solubles que se encuentran en el mercado.

.-En una solución nutritiva los cationes y los aniones deben estar lo más equilibrados posible.

.-Las sales más comúnmente usadas en hidroponía para preparar la solución de micronutrientes son:

ORDEN DE DILUCIÓN	NOMBRE	FÓRMULA	Gramos/litro
1	Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50
2	Sulfato de manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	20
3	Ácido bórico	$\text{H}_3\text{BO}_3$	28
4	Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	2
5	Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2

.-Los pasos para preparar un litro solución madre de micronutrientes son:

1. En una botella de refresco de plástico desechable de un litro o más, se lava y se llena con aproximadamente 900 mililitros
2. Se agregan **con cuidado** 10 mililitros de ácido sulfúrico
3. En varias porciones, se agregan en total 50 gramos de sulfato ferroso, y, a cada porción, se cierra la botella y se agita vigorosamente por 15 a 20 minutos. Esta metodología es para garantizar la suspensión en el agua del sulfato ferroso

4. En igual forma que el sulfato ferroso y en el orden indicado, se agregan las sales, una por una, agitando vigorosamente por 15 minutos en cada caso. Como indica la tabla, las cantidades son: 20 gramos de sulfato de manganeso, 28 gramos de ácido bórico, 2 gramos de sulfato de cobre y 2 gramos de sulfato de zinc. La solución obtenida es de color verde azulado claro.
5. Se afora con agua destilada para completar un litro
6. Se almacena en un recipiente de color ámbar (botella de cerveza o vino tinto) con la finalidad de que los rayos solares no modifiquen sus características.

A esta solución se le llama solución madre de micronutrientes. Un litro de solución preparada de micronutrientes, sirve para usarse en 10,000 litros de solución nutritiva, es decir, se utiliza un mililitro (1 cm<sup>3</sup>) de solución madre por para cada 10 litros.

.-Las sales más comúnmente usadas en hidroponia para la preparación de macro-nutrientes son:

ORDEN DE DILUCIÓN	NOMBRE	FÓRMULA
1	Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
2	Ácido fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
3	Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
4	Fosfato monoamónico MAP	(NH <sub>4</sub> )H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
5	Nitrato de Potasio	KNO <sub>3</sub>
6	Fosfato monopotásico	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>

.-De las sales anteriores **no todas** se utilizan en una solución para la preparación de la solución nutritiva, sólo una combinación de ellas de acuerdo al resultado del análisis del agua que se asigne para el riego, o de acuerdo a la disponibilidad de las diferentes sales que se tengan en el mercado.

.-Una opción para la preparación mil litros de solución nutritiva es la siguiente:

1. La cisterna o pileta se lava perfectamente con agua, jabón y cloro
2. Se afora la cisterna con 900 litros
3. Se ajusta el pH del agua de 5.5 a 6.0 con ácido sulfúrico, **agregando el ácido al agua con mucho cuidado y nunca al revés.** Conforme se va añadiendo el ácido sulfúrico, se va agitando y se va midiendo el pH, ya que unos cuantos mililitros cambian el pH de 5.5 a 6.5. Si el agua a ser utilizada se encuentra en los valores de pH indicados, no es necesario este paso
4. Se verifica el pH con un papel tornasol dejándolo 2 minutos en el agua
5. Por otro lado, en un recipiente aparte de 20 litros (un garrafón), se toma agua acidificada de la cisterna, se añade la quinta parte del total de los 175 mililitros de ácido fosfórico necesarios en esta opción, se agita perfectamente por varios minutos y se regresa a la cisterna con los 900 litros, se repite el procedimiento con otra quinta parte y hasta terminar con el ácido fosfórico. Se continúa el proceso con la quinta parte de 650 gramos de nitrato de potasio, hasta terminar con el nitrato de potasio. Se continua con cada una de las quintas partes de los 950 gramos de Sulfato de Magnesio, 1,230 gramos de Nitrato de calcio y, finalmente, se añaden con una probeta 100mililitros de solución madre de micronutrientes. En este proceso se necesita **mucha paciencia.**

6. Si la solución resulta ácida con un pH menor a 6.5, agregar fosfato monopotásico para subir la alcalinidad; y si resulta por arriba de 6.5, se compensa con ácido sulfúrico o ácido fosfórico, cuidando en este último caso de no exceder la cantidad de fósforo permitida.

.-El pH se debe ajustar cada tercer día, sobre todo, en sistemas de riego cerrados.

.-La solución nutritiva se debe renovar cada 15 o 20 días.

.-Cuando se decide practicar con nuevas opciones de soluciones nutritivas, se debe tener cuidado de no exceder las cantidades mínimas y máximas aceptados por cada una de las plantas.

.-El uso de dosificadores consiste en hacer pasar el agua por una tubería a la cual se le inyectan por un lado los sulfatos, enseguida los nitratos y al final la inyección de micronutrientes.

.-Para algunos cultivos como el pepino, la relación nitrógeno/potasio N/K varía a lo largo de todo el ciclo del cultivo; en las primeras semanas es 1/0.7, cuando el fruto está delgado pasa a 1/1 al final pasa a 1/3.

.-Existen diferentes tipos de soluciones nutritivas recomendadas por los diferentes autores, que pueden ser utilizadas atendiendo a la dosis de los elementos nutritivos, el pH, la conductividad eléctrica, temperatura del sustrato y la temperatura ambiente.

.-Se recomienda cambiar periódicamente la solución nutritiva porque a medida que el tiempo transcurre, el sistema de tuberías aporta impurezas, que se suman a las impurezas de las sales empleadas para la preparación de la solución nutritiva y, con el tiempo, pueden estar en niveles tóxicos para el cultivo.

.-En general, el ácido fosfórico mantiene el pH en valores adecuados. Se recomienda ajustarlo cada semana en sistemas de riego abiertos y cada 3 días en sistemas de riego cerrados.

.-Cuando se tiene deficiencia de un elemento o intoxicación por exceso del mismo o algún otro, el síntoma se presenta en todo el cultivo, ya que el problema está en la solución nutritiva.

.-Es más común deficiencia de algún elemento que toxicidad por exceso de uno o más elementos.

.-Por ejemplo, el cloro en más de 100 ppm es tóxico.

.-1 ppm (partes por millón) es igual a 1 gr en 1,000 litros de agua. En los reportes de laboratorios se indica que 1 mgr por litro es 1 mgr.L-1.

.-Peso Atómico es lo mismo que Masa Atómica.

.-UMA es Unidades de Masa Atómica.

.-Peso Molecular es el UMA expresado en gramos.

.-Las cantidades de sales para la solución nutritiva se calcula en miliequivalentes.(meq), y son el total de carga eléctrica de cada uno de los iones, positiva para los cationes y negativa para los aniones.

.-El número de equivalentes, también denominados moles de carga, se obtiene dividiendo el peso de la sustancia en gramos por su peso equivalente.

.-El peso equivalente se calcula dividiendo el peso molecular por la valencia.

.-El número de miliequivalentes es igual a mil veces el número de equivalentes.

.-El número de miliequivalentes (meq) es la unidad de concentración utilizada en disoluciones de macronutrientes.

.-Las plantas absorben de la solución de 2,000 a 2,500 ppm, 2,000 es el óptimo; más de 3,000 se mueren de hambre, aunque tengan solución.

.-Si la solución nutritiva tiene en suspensión 1 ppm, la conductividad será de un milimho, o 1 milisiemens.

.-Con las mismas moles (ppm) aun con diferentes sales, se tiene la misma conductividad eléctrica.



## CAPÍTULO XI

# Producción de Plántulas

.-La producción de plántulas se realiza en un invernadero construido para este propósito llamado **almácigo**, el cual deberá estar más aislado térmicamente, con menor ventilación, ya que las plantas pequeñas sólo consumen CO<sub>2</sub> hasta que nacen las primeras hojitas reales (no los cotiledones), además, se requiere que tenga una humedad relativa mayor que un invernadero. Estas plántulas serán trasplantadas al invernadero cuando tengan la edad adecuada.

.-El manejo de la humedad relativa del almácigo es de mucho cuidado, porque baja humedad relativa provoca estrés hídrico (cuando la demanda de agua es más alta que el agua disponible), y alta temperatura origina asfixia y proliferación de hongos y enfermedades.

.-Para producir plántulas o plantitas (como se les quiera llamar), en charolas para la reproducción de plántulas de 200 cavidades o del tamaño que se tengan y/o que se decida (se adquieren en las tiendas especializadas), se rellenan las cavidades con un sustrato orgánico llamado turba o Peat-Moss (el nombre Peat-Moss se deriva de la marca de turba que se introdujo en el mercado por primera vez). Se trata de un sustrato ligero para que la raíz crezca con facilidad.

.-El Peat-Moss se adquiere en las casas que surten lo necesario para los invernaderos.

.-Antes de colocar el Peat-Moss en las cavidades de las charolas, se humedece agregando agua y revolviendo con las manos, de manera tal que el agua se va agregando poco a poco hasta que, tomando un puño con la mano y apretándolo, debe de soltar unas gotas de agua.

.-El Peat-Moss debe quedar en las cavidades al ras y sin apretar, para proceder después a realizar un pequeño hundimiento de medio centímetro en cada cavidad con el dedo meñique en donde se colocará una semilla o dos en cada cavidad, para después cubrirlas con Peat-Moss, quedando las cavidades nuevamente al ras.

.-Una vez terminado el proceso de siembra, se riega con agua al boleó, para después apilar todas las charolas que se hayan empleado y envolverlas con plástico negro, de manera que no les de ni luz ni aire.

.-La mejor temperatura para el almácigo de jitomate es entre 18 y 20 °C.

.-La germinación de la plantulita se produce de 2 a 10 días dependiendo del tipo de semilla, por lo que se hace necesario, cuando ya este próximo el nacimiento, revisar diariamente las charolas.

.-A partir del nacimiento de las plantulitas, se pondrán por períodos cortos al sol, y se inicia el riego, siendo lo más recomendable por microaspersión.

.-Las plantulitas deben estar con una humedad ambiente entre el 65 y 85% de humedad relativa.

.-Nebulizar o microaspersión es lo mismo, tiene el efecto de que las micropartículas de agua se evaporan por lo que se baja la temperatura de su entorno (un litro de agua adsorbe 580 Kcal al evaporarse).

.-Las plántulas deben tener menos luz que las plantas adultas y se debe incrementar la luz poco a poco hasta igualarla al invernadero a donde se van a trasplantar.

.-Las plántulas se empiezan a regar cuando nacen.

.-Las plántulas recién nacidas se riegan con agua sola, y se cambia a solución nutritiva cuando nacen las primeras hojas reales.

.-Contando desde que se sembró la semilla, el trasplante de la plántula al invernadero, se realiza de 21 a 40 días después.

.-Por ejemplo, para el trasplante de jitomate, se cortan las hojas cotiledonales, se desinfectan las heridas con algún fungicida como el Manzate (se adquiere en el mercado), y se entierra hasta el nivel de donde quedaban las hojas cotiledonales.

.-Para el trasplante de pepinos, se debe tener cuidado de no enterrar las plántulas más de lo que se encontraban, porque se pudre el tallo y se muere la plántula.

.-Cuando el trasplante se realiza a bancales, se recomienda en los 3 primeros días después del trasplante, dar un riego diario por subirrigación (riego por inundación), con el propósito de reducir el estrés en las plantas.

.-Cuando se reproduce con esquejes (retoño introducido directamente en la tierra), es indispensable el riego con aspersores o nebulizando.

.-Cuando se utiliza reproducción por esquejes, se deben plantar los esquejes en forma inclinada, mojando la base del esqueje con hormonas de enraizamiento previamente.

.-Cuando se hace reproducción “in-vitro” (en laboratorio, por medio del método de clonación), se debe tener un proceso de adaptación o “endurecimiento” al pasarlo al invernadero. Al principio las plantas deberán estar con cubierta de malla-sombra, se destapan por 10 horas al día y se va subiendo poco a poco las horas de luz, hasta llegar a 18 horas diarias. En este período, las plantas forman una retícula en su piel, las estomas se empiezan a abrir y cerrar y empiezan a crecer las raíces.

.-En producción in-vitro se usa alga marina desinfectada como sustrato.

.-Para in-vitro deben usarse tallos con hojas muy jóvenes.

.-Cuando ya nacen las microplantas in-vitro, algunas empresas comercializadoras las colocan en cápsulas como medicinas para transportarse y posteriormente trasplantarse.



## CAPÍTULO XII

# Manejo y Operación del Invernadero

### a) REGLAS PARA EL PERSONAL

.-Es recomendable que el personal que entre en el invernadero se vista de color blanco ó colores neutros, para evitar llamar la atención de los insectos.

.-Es necesario que el personal que entre a un invernadero remoje la suela de sus zapatos en agua con cloro en la exclusiva del invernadero.

.-Si el invernadero cuenta con cubierta en el piso (grand cover), el personal debe usar zapatos de suela de hule para evitar daños a la cubierta.

.-Los empleados deben presentarse aseados a trabajar, usando ropa limpia incluyendo el calzado.

.-Lavarse las manos cuando se inicien labores.

.-Mantener las uñas limpias, cortas y sin barniz.

.-Se prohíbe fumar, comer o beber, masticar chicle, escupir y cualquier acción que pueda transmitir enfermedades o daño al cultivo.

.-Se prohíbe que los empleados dejen material, herramientas o equipo mal almacenado cuando no está en uso.

.-Es buena práctica que el personal que trabaje directamente con las plantas, use guantes y remoje éstos y la herramienta que está utilizando en agua con cloro o alcohol etílico al 70%, cada vez que se cambie de planta. También puede usarse agua con yodo.

.-Cualquier deficiencia o síntoma que presente el cultivo o alguna planta en el invernadero con hidroponia, deberá ser comentada a la brevedad con el encargado del invernadero y con los compañeros de trabajo, con el propósito de tomar las medidas correctivas a la brevedad.

.-Las horas de visitas deben ser en la mañana a primera hora, para asegurar que los visitantes no han estado en otra plantación o en una verdulería.

#### b) MANEJO DEL SISTEMA DE RIEGO

.-Antes de cualquier cosa, es necesario tener un análisis del contenido de sales en el agua que se utilizará para el riego.

.-Se recomienda que el análisis de agua se realice unas 3 veces al año, cuando menos el primer año de operación, para conocer si existen variaciones durante el año.

.-El agua de riego no debe contener cloro.

.-El agua en los suelos o sustratos se divide en tres: higroscópico, capilar y gravitacional. El capilar es el disponible para las plantas, el higroscópico es humedad adherida a las partículas del suelo o sustrato, y el gravitacional es el agua que se drena antes de darle tiempo a la planta de tomarlo.

.-Cada tercer día, comprobar y ajustar el valor del pH con ácido sulfúrico, si el pH está alto; por el contrario, si está por debajo del valor requerido por el cultivo, ajustar con hidróxido de potasio.

.-Cuando el riego no es suficiente, se concentran las sales de la solución nutritiva, ya que la planta absorbe más fácil el agua que las sales, por ejemplo, en un día caluroso una planta de jitomate consume hasta 3.3 litros de agua.

.-Para sistemas cerrados, se recomienda aforar la solución diariamente, es decir, completar la cantidad de las cisternas del sistema de riego.

.-Se recomienda un mínimo tres riegos al día, sin embargo, dependiendo de las características del sustrato, **se debe dar oportunidad de oxigenación de la raíz entre un riego y el siguiente**. En el caso de usar tezontle como sustrato, se recomienda que siempre se encuentre cerca del 100% de su capacidad de retención. (Ver capítulo V)

.-La cantidad de riego en el invernadero debe variar durante el año con la temperatura y la humedad relativa.

.-La cantidad de agua por goteo y/o por planta, oscila entre 0.2 y 4 litros diarios, dependiendo de varios factores. Sin embargo, tan pronto como la solución empieza a salir por los orificios del drenaje de la maceta o bolsa, se corta el suministro de solución a las plantas, y no se vuelve a regar hasta que se seque (poco húmedo) de 3 a 6 centímetros por debajo de la superficie.

.-Cuando es riego por goteo, se recomienda que la duración de cada riego sea interrumpida por un tiempo tal que drene un 20% aproximadamente, esto es para evitar la acumulación de sales.

.-Si el riego no es suficiente, la concentración de sales se incrementa, debido a que la planta absorbe más rápido el agua que los nutrientes .

.-La solución nutritiva debe suministrarse tibia.

.-La temperatura de la raíz de una planta adulta debe estar entre 15 y 25°C, la temperatura de la solución nutritiva debe estar entre 20 y 30 °C. Para las plántulas, la temperatura de la raíz debe oscilar entre 20 a 27 °C. En el mercado existen termómetros para medir la temperatura de los sustratos.

.-Con goteros antidrenantes el agua queda almacenada en las mangueras. Éstas deben quedar del lado donde no les dé el sol, ya que puede subir la temperatura del agua entre un riego y otro hasta 50°C.

.-Los riegos deben ser de 9:00am a 5:00pm que es cuando la planta realiza la fotosíntesis.

.-Lo ideal es tener la humedad del sustrato constante de 9:00am a 5:00pm, por lo que entre más riegos es mejor, pero, de acuerdo a las características del sustrato, no se debe perder de vista que la raíz necesita tomar oxígeno del aire.

.-Con agua con sarro se deben cambiar goteros periódicamente.

.-Cuando falta agua en los cultivos, se presenta un marchitamiento de las hojas y la planta cierra las estomas para evitar perder más agua, lo que produce que se interrumpa la absorción de CO<sub>2</sub> y la producción de azúcares.

.-Cuando las plantas ya son adultas, se recomienda arrancar una planta con todo y raíz para ver la dimensión del cono que ocupa la raíz y luego hacer pruebas de riego con los aspersores o goteros que se estén

usando, para ver el tamaño del cono de humedad, y en caso de ser necesario hacer cambios que optimicen el agua y que le den a las plantas justo las cantidades necesarias de nutrientes.

.-Cuando menos una vez cada semana, se deben tomar algunos goteros escogidos al azar en todo el invernadero, para medir la cantidad de agua que están regando, captando el agua en un recipiente aparte y medirla en un cierto tiempo. La diferencia entre los diferentes goteros monitoreados no debe ser mayor del 10%.

.-Si los goteros no proporcionan la misma cantidad de agua, el problema se puede resolver con una bomba de mayor potencia, o instalando una tubería adicional de mayor diámetro, entre la salida de la bomba y el punto más lejano del sistema de riego. Esta nueva tubería va en paralelo con todos los goteros o aspersores, según se tenga en la instalación.

.-Se recomienda palpar el sustrato para saber si está bien húmedo.

.-Si se cuenta con goteros de pipeta, la superficie del sustrato, puede estar seca, y la raíz en condiciones correctas.

.-Cuando se toca el sustrato con el dedo gordo de la mano después del riego, debe quedar ligeramente mojado. Si sólo queda húmedo, es probable que el riego no sea suficiente. Se debe evitar el encharcamiento junto al tallo, para evitar podredumbre.

.-Las plantas más grandes necesitan más agua.

.-Si el agua se saliniza (la conductividad del agua se incrementa), a la raíz le cuesta más trabajo absorber los nutrientes y, por consecuencia, manda cerrar las esporas de las hojas, interrumpiendo la fotosíntesis.

.-Se debe evitar la acumulación de sales junto al tallo, haciendo riegos periódicos con agua limpia.

.-Siempre es bueno que se realice un riego con agua limpia para lavar las sales que se hayan acumulado en el sustrato por evaporación de agua. Una buena práctica puede ser: en la mañana regar con solución nutritiva, al mediodía agua de riego y en la tarde solución nutritiva.

.-En el caso de hidroponia en bancales (tinas de madera o cemento construidas en el piso), se pueden practicar los riegos pesados una vez por semana, que consisten en dar una irrigación (o subirrigación, en caso de bancales,) con agua de la llave para lavar el exceso de sales que se acumulan por la evaporación del agua de la solución nutritiva.

.-El riego pesado se realiza cuando se cambia la solución nutritiva.

.-El agua de buena calidad tiene de cero a 0.2 siemens de conductividad eléctrica ( $1 \text{ ohm} = 1 / \text{siemen}$ ), en la solución nutritiva hidropónica es de 1.5 a 3 siemens.

.-Si en la solución nutritiva la conductividad eléctrica sube por encima de 3 siemens, es porque la concentración de nutrientes es muy alta y las plantas no pueden tomar el sustrato. Con esta medición, no es posible conocer cuál es el nutriente o nutrientes en exceso. Es necesario un análisis de laboratorio. Pero, por lo general, simplemente se evaporó el agua y es suficiente con bajar la concentración general de sales, pero si la concentración de sales es la correcta al inicio del sistema de riego, se recomienda dar un riego con agua pura para eliminar las sales que se han acumulado en el sustrato.

.-Es recomendable filtrar el agua de uso, es recomendable drenar los filtros de agua diariamente.

.-Al final de un ciclo de cultivo y antes de iniciar el siguiente, se deben retirar los goteros y aspersores, así como elementos del sistema de riego que puedan acumular sarro, para ponerlos en algún químico para retirarlo y verificar que funcionen bien.

### c) MANEJO DE LA PRODUCCIÓN

.-En sistemas comerciales no se deben tener cultivos viejos y nuevos bajo el mismo techo de invernadero, porque unos pueden contagiar a los otros.

.-Las plantaciones de tomate se pueden explotar a uno, dos o tres tallos. Si se deja a un solo tallo, se cortan los brotes laterales que vayan naciendo, desinfectando las heridas causadas por la poda con Manzate en forma de pasta, o algún otro producto que se consiga en el mercado. Si la plantación es muy grande, la desinfección puede hacerse en forma foliar con Manzate o Cupravit con 2gramos por litro de agua.

.-Cuando los frutos de un racimo de jitomate ya tienen el tamaño de una canica, se recomienda cortar los frutos mal polinizados o el más chico, para mejorar el tamaño y calidad de los demás.

.-Conforme se podan los racimos del jitomate, se deben podar las hojas inferiores, porque son las que alimentan a ese racimo de frutos y ya no tienen ningún objetivo en la planta.

.-Si se requiere aumentar azúcares en el tomate para mejorar su sabor, se puede poner sal (NaCl) a la solución nutritiva teniendo cuidado de no subir la conductividad de la solución nutritiva a valores peligrosos.

.-Cuando el jitomate se empaca con el pedúnculo, tiene más vida de anaquel.

.-Con bajas temperaturas se enchina la planta del jitomate, lo anterior se explica porque cuando se tienen bajas temperaturas en noches despejadas, el invernadero y las hojas inferiores emiten radiación de onda larga en forma de calor, que se reflejan en las hojas superiores, haciendo que se evapore el rocío de las hojas superiores, razón por lo que se marchitan.

.-Cuando se cultivan flores, y se requiere atrasar el cultivo, se puede atrasar la floración incrementando la cantidad de luz; esto se logra prendiendo la luz artificial media hora a las 10:00pm, media hora a las 1:00am y media hora a las 4:00am. Completar el fotoperíodo es importante para que floreé

.-En las primeras etapas de la producción de flor, poner malla sombra para alargar los tallos.

.-La flor de Lili es un cultivo muy rentable, los bulbos son importados, requiere poca atención, se siembran de 60 a 70 bulbos por m<sup>2</sup>, cada bulbo da de 5 a 12 flores, según la variedad. Cada bulbo cuesta \$5.00 a \$7.00M.N.<sup>2</sup>. Ei ramo de 11 flores cuesta \$675.00 en Mercado Libre.

.-El Potasio mejora la calidad de las flores.

.-La deficiencia de potasio produce quemaduras en los bordes de las hojas (Se llama necrosis marginal).

.-Con deficiencia de magnesio, se ponen verdes las nervaduras de la hoja y lo demás amarillo.

.-Con deficiencia de nitrógeno, las hojas se ponen todas amarillas.

---

2 Precios vigentes al 2020, Se deja como referencia

.-Con deficiencia de calcio, se quema la punta del fruto.

.-Deficiencia de fierro se pone amarilla la zona intervenal en las hojas tiernas.

.-La deficiencia de boro produce frutos deformes y pecas en las hojas.

#### d) APERTURA Y CIERRE DE VENTANAS O VENTILAS.

.-La ventilación es necesaria para aportar CO<sub>2</sub>, bajar la humedad, reducir enfermedades y para bajar la temperatura.

.-Las ventanas se deben abrir atendiendo al viento, a la temperatura y a la humedad. Si empieza a llover, se deben cerrar.

.-En días soleados la temperatura en el interior del invernadero estará de 3 a 5°C más caliente que afuera. Si no está bien ventilado, la diferencia puede llegar a ser 25°C.

.-En lugares como el altiplano mexicano, lo normal es mantener cerrada la ventila cenital.

.-En invierno la temperatura baja, baja la capacidad de la atmósfera del invernadero para retener humedad, por lo que la humedad relativa sube hasta valores en que se hace necesario ventilar el invernadero.

.-La temperatura nocturna del invernadero, para buena parte de los cultivos, debe ser 15 a 18 °C (alguna literatura indica de 18 a 20°C).

.-La energía calorífica para contar con temperaturas templadas en las noches debe ser principalmente tomada de los rayos solares, por lo que es necesario calentar el invernadero durante las horas de sol.

.-Con la temperatura adecuada, en la noche se producen las hormonas auxinas, **que son las hormonas de crecimiento.**

.-Si durante el día, en el invernadero hace calor y se tiene humedad relativa alta, no se deben abrir las ventanas si afuera hace más calor y la humedad relativa es más baja afuera.

#### e) ACCIONES PARA CONDICIONES CLIMÁTICAS EXTREMAS

.-Con temperaturas extremas, altas o bajas, las plantas no toman sus nutrimentos.

.-Con humedad relativa alta, las plantas no toman sus nutrimentos.

.-Para invernaderos de 1,000 m<sup>2</sup> o menores, en verano se puede poner malla sombra por dentro hasta la altura de los postes, y en invierno, cambiarlo por otra cubierta de plástico (puede ser transparente) la cual sirve como aislante térmico, además de que se reduce el volumen de aire por calentar o por enfriar, según se necesite.

.-Es importante conocer la estadística de la primera y la última helada en la región. Se recomienda el libro de Metrología de Enriqueta García o el CD que tiene el Observatorio Nacional.

.-Las heladas pueden ser “radiactivas”, que se presentan con el cielo despejado, o “convectivas”, que se presentan con fuertes vientos fríos.

.-Un calentador Centinela sirve aproximadamente para 300 m<sup>2</sup>, según su tipo. El Centinela es para pocas horas. (Consultar con el fabricante).

.-El aire caliente de los calentadores puede cristalizar las cubiertas de plástico.

.-El CO (monóxido de carbono) es perjudicial para las plantas, por lo que es necesario que los calentadores se encuentren bien ajustados, para emitir únicamente CO<sub>2</sub> como producto de la combustión.

.-Se tiene que tener presente que un exceso de CO<sub>2</sub> produce daños en el cultivo, debido al cierre de las estomas, suspendiendo la fotosíntesis y pudiendo originar quemaduras, que se pueden confundir con quemaduras por bajas temperaturas.

.-Durante las horas de heladas se puede usar un generador eléctrico movido por un motor que queme gasolina dentro del invernadero para producir calor, alimentando lámparas de luz infrarroja. Los gases de la combustión calientan un poco el invernadero, además de que producen bióxido de carbono. El mismo generador también sirve como planta eléctrica de emergencias para la operación del invernadero cuando se presentan fallas en la red de energía eléctrica.

.-Se puede calentar agua en el día con luz solar y circularla en la noche dentro del invernadero para calentarlo.

.-Si la temperatura de la solución nutritiva es 10°C o menor, no se debe regar, ya que la planta no toma los nutrimentos, es necesario calentarla de 5 a 10°C por encima de la temperatura nocturna, o calentarla a 10°C o más.

.-Cuando se pronostican bajas temperaturas en la madrugada, una acción posible para mantener la temperatura del invernadero dentro del límite mínimo, es regar en la tarde-noche con el propósito de que

el volumen del agua dentro del invernadero amortigüe el descenso de temperatura.

.-Si durante los días de calor se tiene mucha luz en el invernadero, se puede poner agua con cal a la cubierta (si queremos que dure más poner cal con blanco de España), esta capa reducirá la luz en el interior. La cal se eliminará con las primeras lluvias.

.-Si se llegan a presentar varios días nublados y/o lluviosos consecutivos, se puede calentar el invernadero artificialmente o se puede aplicar nitrato de calcio como fertilizante foliar a razón de 0.5 a 3 gramos en un litro de agua, para proteger el follaje del frío. Concentraciones mayores pueden quemar el cultivo, además considerar que no es natural que la planta se alimente a través del follaje.

.-Los “vientos” o tirantes son cables que sirven para reforzar el invernadero contra fuertes vientos y además para soportar el tutoraje. Este reforzamiento es muy barato y se puede instalar aun después de construido el invernadero.

#### f) POLINIZACIÓN

.-Con bajas temperaturas el polen se muere.

.-La polinización debe hacerse por la mañana cuando abre la flor entre las 10:00 Y 12:00 horas. Cuando el calor es más intenso, el polen no está en condiciones adecuadas.

.-La mala polinización produce frutos deformes o pequeños.

.-Para la polinización manual se sacuden los tutores para mover la planta.

.-También se pueden utilizar ventiladores, teniendo cuidado de no maltratar el cultivo con el viento.

.-Si se usan abejorros para polinizar, éstos no trabajan si el invernadero no tiene una humedad relativa y temperatura adecuada.

.-Algunos cultivos de flores se polinizan recogiendo el polen en una hoja de papel y echándoselo al pistilo.

.-Con más de 60% de humedad relativa, el polen del jitomate se pega al estambre y no poliniza.





## CAPÍTULO XIII

### Sanidad

.-Por lo general, cuando se presenta un problema en la salud de los cultivos, si se trata de deficiencia o exceso en los elementos químicos de la solución nutritiva, el síntoma es en toda la plantación regada por la misma solución nutritiva. Si se trata de alguna enfermedad viral, por insectos o por hongos o bacterias, el síntoma se presenta primeramente en una planta, propagándose después a las plantas vecinas.

.-Cuando el síntoma de algún problema en las plantas se presenta en todas las plantas del invernadero al mismo tiempo, la causa es deficiencia ó toxicidad por algún elemento o compuesto en la solución nutritiva.

.-En el invernadero se debe favorecer las altas temperaturas y la humedad relativa baja, en la medida de lo posible, para reducir el riesgo de desarrollo de hongos.

.-Una manera práctica de detectar las larvas, es revisar las plantas buscando excreciones (desechos de la planta en las hojas y a veces en el tallo), que son más fáciles de detectar que las mismas larvas.

.-Cualquier cambio o síntoma en una o más plantas del cultivo, se deberá comentar entre todo el personal para diagnosticar el posible mal, para poner al personal en alerta.

.-Después de detectar el mal, se debe tomar la opinión de cuando menos un ingeniero agrónomo, con experiencia para tomar las medidas correctivas que se dictaminen.

.-Después de la cosecha, se debe desinfectar el invernadero, para lo cual se cierra en el día para que alcance 50°C, y se ventila en la noche. Esto se hace por 15 días consecutivos.

.-Es recomendable aplicar insecticidas por la tarde-noche, ya que la mayoría de los insectos son de hábitos nocturnos, en noches de luna llena se dice que es aun mejor.

.-Cuando se aplique algún producto químico, tener cuidado de utilizar productos que no dañen, o dañen el mínimo, a la fauna benéfica.

.-Cuando se aplique algún producto químico con azufre en forma foliar, se debe tener cuidado de no rociar la cubierta del invernadero ya que el azufre ataca a los plásticos.

.-Es muy importante monitorear o muestrear la presencia de plagas mediante trampas de cebo (con un plato de plástico amarillo untado con cualquier tipo de grasa, colgado donde no estorbe al personal), para determinar la intensidad de la plaga.

.-Cuando la población de la plaga es baja, es importante aplicar feromonas de confusión, con las cuales se genera un aroma tal, que los machos no localizan a las hembras. Uno de los productos comerciales posibles es marca CHECK MATE.

.-Cuando se presenta una enfermedad, por lo general empieza del lado de la puerta del invernadero.

.-Para matar hongos, se puede usar Tecto 60 de \$1,420.00/ 12 bolsas de 0.5 Kgr<sup>3</sup> o Captan, que es más barato. Se pone un gramo por litro y se riega.

.-Los plaguicidas extremadamente tóxicos tienen una cinta roja (pintada en la etiqueta), amarilla para los altamente tóxicos, azul los moderadamente tóxicos, verde ligeramente tóxico. Los productos orgánicos no llevan esta cinta.

.-Al paso de las generaciones, las plagas de insectos se acostumbran al plaguicida. Por ejemplo la mosquita blanca tiene de 11 a 12 generaciones por año.

.-Los plaguicidas orgánicos tienen la gran ventaja que los insectos no se acostumbran tan fácil a ellos.

.-Los plaguicidas orgánicos se hacen en base a extractos naturales de ajo, detergentes y leche bronca de vaca, y se aplican sobre el follaje.

.-Los plaguicidas orgánicos son más baratos, pero se aplican dosis más altas.

.-Las dosis de los plaguicidas en invernaderos deben ser el 25% del recomendado a campo abierto.

.-Los plaguicidas orgánicos se neutralizan con la luz del sol. Aplicarlos en la tarde.

.-Los plaguicidas orgánicos se pueden hacer con 3 gramos de ajo molido y 5 mililitros de detergente, disuelto en 1 litro de agua. O se puede

---

3 Precios vigentes al 2020, Se deja como referencia

poner un día ajo y al siguiente detergente, en las mismas proporciones, varios días seguidos.

.-Para la mosca blanca, se aplica insecticida foliar, (puede ser marca Feriberia). No se deben aplicar durante la cosecha.

.-Uno de los métodos de control de la mosquita blanca, es poner un hongo que enferma a la mosquita, colocando de 1 a 1.5 gramos de hongo *Peacilomyces Fumoso roseus*, en un litro de agua y aplicarlo por aspersión.

.-Otro método, es soltar insectos que atacan a la mosquita blanca y que están disponibles en el mercado.

.-Si durante la cosecha se necesita aplicar un plaguicida, se procede a cosechar todo lo que se pueda, se aplica el producto, y no se vuelve a cosechar en los siguientes ocho días.

.-Para más efectividad siempre se aplica el producto con otros dos productos de otra marca.

.-Hay productos en el mercado que no es necesario aplicarlos en combinación de otros, que se aplican solos son, son contundentes, pero deben aplicarse 10 días antes de la cosecha.

.-Con tizones (enfermedad en las hojas) tempranos y tardíos, se aplica Manzate u oxiclورو de cobre.

.-Para el cultivo de la papa se tienen tizones tempranos y tardíos, pero solo en éste cultivo.

.-El tizón tardío se presenta como quemaduras, y el temprano como manchas concéntricas en las hojas. Se combate con Aliette.

.-Para matar camping-off o mal del talluelo, que ataca las plántulas, se puede usar Rido Mil Gold bra de 76.5% humectable, tiene un Ph de aproximadamente 9, lo que puede afectar a las plántulas y se hace necesario realizar la compensación del riego, dependiendo del tipo de cultivo. Su costo es de \$1,850.00 250 ml, y se aplica de 2.5 a 3.5 litros por hectárea a cielo abierto. Consultar con el fabricante para el caso de almácigos y plántulas.

.-La cenicilla es un hongo que se presenta con manchas amarillas en las hojas y el envés se pone algodonoso, se presenta en pepino, calabaza, durazno y manzana. Se combate con Bayleton

.-Derosal 500 mezclado Previcur combate casi todas las plagas. Es una combinación muy usada para el combate de una gran variedad de hongos.

.-Bauberia Bassiana de BEA, lo produce Agrobionsa a base de hongos muy baratos, enferma a los insectos. Mata al picudo, mosca blanca y gusanos.

.-La Araña roja, es el ácaro del bronceado del tomate. En 10 días arrasa con el cultivo: primero se pone negro el tallo y luego, todo lo demás. Se mata con Agrimec con una sola aplicación, siempre se deben dar márgenes para aplicarlo antes de la cosecha.

.-El gusano Minador en edad de larva ataca al follaje, reduciendo el área foliar, propiciando que los frutos queden expuestos a los rayos solares.

.-Agrimec también controla gusano amarillo minador, que se mete entre la hoja. Dos gusanos pueden acabar con una planta.

.-Las plantas asimilan mejor los micronutrientes si se agrega un producto denominado Q 2000 de Quimicasa. Consultar las dosis con el fabricante.

.-Captán sirve para matar los tizones.

.-Para enfermedades del suelo o en los sustratos, como los hongos *Pithecolobium*, *Risotomia* ó *Fictotora* se puede hacer lavándolo con Pinol o Cloralex.

.-Usar Tecto 60 ó Interguzan para desinfectar el sustrato al final del cultivo. Antes de esta desinfección, lavar el sustrato con agua con Cloralex al 0.02%.

.-Los nemátodos son insectos que atacan a la planta por medio de la raíz y se mueven por capilaridad en el agua, por lo que se recomienda poner en el fondo de las bolsas de sustratos, 5 cm de grava, para evitar que lleguen a la planta.

.-En general, como ya se dijo antes, se recomienda para el control de plagas, colocar platos o placas amarillas embarradas de grasa automotriz, colgados de la estructura para atrapar insectos. Es importante prevenir que, si con el calor pudiera llegar a caer grasa del plato, ésta no caiga en el follaje, ya que la grasa tiene poder herbicida. La altura de los platos debe ser la de la plantación, por lo que se irán subiendo conforme crezca el cultivo.

.-Para disminuir el ataque de enfermedades, se puede aplicar cada 8 días, una rotación de ajo, leche bronca y jabón, además de aplicación periódica de algún fungicida como medida preventiva del ataque de hongos.



## CAPÍTULO XIV

# Forraje Verde Hidropónico

.-El Forraje Verde Hidropónico (FVH) es el alimento para ganado producido en base a la técnica de hacer germinar semillas de cereales y mantener su crecimiento de 8 a 12 días.

.-Un kilogramo de semilla produce 10 kilogramos de FVH en un lapso de 12 a 15 días.

.-Bien manejado, se pueden producir 100 kg diarios de FVH en una superficie de 30 m<sup>2</sup>.

.-El FVH contiene todas las vitaminas libres y solubles, tiene además del 18 a 28% de proteínas (en materia seca), ya que el ganado ingiere el total de la plantulita, incluyendo la madeja blanca que forman las raíces, lo que lo hace un alimento tan completo, que se puede prescindir de complementos alimenticios para el ganado.

.-Una vaca lechera en producción puede consumir 20 kg diarios de FVH como su único alimento.

.-Las semillas recomendadas para la producción de FVH son trigo, avena, cebada y maíz principalmente, no se recomienda el sorgo porque tiene muchas toxinas.

.-Uno de los principales problemas para la producción y consumo del FVH es conseguir semillas que no estén tratadas, es decir, que estén libres de pesticidas, insecticidas ó fungicidas, ya que estos productos tóxicos se adicionan a los granos en el momento de la cosecha para conservar los mismos y al ser utilizados para FVH no se alcanzan a eliminar en el corto tiempo en que se realiza la germinación, y al ser consumidos por el ganado, se produce leche ó carne con toxinas, según sea el caso.

.-No se recomienda almacenar el FVH, porque pierde sus propiedades alimenticias.

.-La obtención de la semilla que se destine para este propósito, debe ser semilla para germinado. Para el caso de grandes cantidades, es preferible comprarla directamente en donde se cosecha.

.-Para proteger la semilla si se va a almacenar, es necesario protegerla contra insectos y hongos; mantenerla en un lugar lo más seco posible, ya que con 30 por ciento de humedad relativa se inicia el proceso de germinación, por lo que se recomienda aplicar cal viva a razón de 4 gramos de cal por 200 gramos de semilla, ya que la cal no es tóxica y si evita la proliferación de insectos y hongos (hidróxido de calcio micronizado).

.-La cal debe ser micronizada al 90%, es decir, micro-partículas de talco. Puede adquirirse en La empresa Caleras Beltrán, con la Bióloga Beatriz Jiménez Tel. 800 BELTRAN (237-8726).

.-Para el FVH se recomienda que la sala de producción se encuentre al pie ó cerca de donde se encuentra el ganado.

.-La sala de germinación debe estar bien iluminada y bien ventilada y con las condiciones de higiene adecuadas.

.-La razón principal por la cual este proceso no ha tenido el éxito esperado, es la proliferación de hongos, por lo que se recomienda utilizar agua de garrafón en las primeras pruebas.

.-La cantidad que se destine para el consumo diario del ganado debe ser preparada diariamente y, en un lapso de 12 a 15 días, estará lista para su consumo.

.-Al adquirir la semilla, si se va almacenar una parte, aplicarle cal a razón de 4 gr. de cal por 200 gr. de semilla, para protegerla del ataque de insectos, como se dijo líneas arriba.

.-El proceso para la producción del FVH empieza midiendo la cantidad diaria de semilla por procesar, ya sea en volumen ó en peso (240 mililitros de semilla de trigo pesan 325 gramos). Para las primeras pruebas, son necesarios los siguientes ingredientes y utensilios:

Un kg de semilla de trigo

Una cubeta de 10 litros

Una tela de manta de 70 por 70 centímetros

Una charola de plástico de 40 por 60 centímetros con una altura que puede ser de 3 a 10 cm. de profundidad, con perforaciones de media pulgada en cada una de sus aristas para desaguar el exceso de riego

Cal hidratada

Cloralex (hipoclorito de sodio)

Una sala o área de germinación bien iluminada y bien ventilada con poco sol

Área oscura para el proceso inicial del germinado (se puede tapar la charola)

.-Después de medir la cantidad de semilla por procesar, se lava con agua limpia, eliminando partículas extrañas ó semillas que floten.

.-Enseguida, se sumerge en agua con hipoclorito de sodio con 0.02% de concentración durante 5 minutos (0.5 mililitros de Cloralex al 6%, o sea, 10 gotas de Cloralex por cada litro de agua).

.-Se remojan las semillas durante 12 horas en agua con cal para acelerar su germinación, a razón de 2 gramos de cal por cada litro de agua (2 gramos de cal ocupan un volumen de 3.17 centímetros cúbicos, que se pueden medir con una jeringa desechable). Este remojo no debe ser más de 24 horas porque las semillas pueden perder su poder de germinación, las semillas no germinan en condiciones de anegamiento. Si se está trabajando con semillas de maíz, el remojo debe ser por 24 horas. El remojo con agua con cal ayuda a desinfectar las semillas y acelera la germinación, ya que esta concentración eleva a 12.5 el pH del agua.

.-Durante el remojo, se recomienda que estén las semillas en la oscuridad.

.-Cumplido el tiempo de remojo, se ponen a orear por un tiempo que puede ser de 15 a 45 minutos. Las semillas deben quedar bien extendidas para que se oxigenen. Si se trata de cantidades manejables manualmente, se pueden envolver en tela de gasa para pasarlas del remojo a extenderlas. Para grandes cantidades, se podrán construir recipientes con tela mosquitero, que puedan ser introducidos en recipientes mayores conteniendo el agua con cal.

.-El siguiente paso es “sembrar” las semillas, es decir, se extienden en charolas de plástico que pueden ser 40 por 60 centímetros, en capas de un centímetro de grueso. Las semillas remojadas absorben agua (proceso de imbibición), aumentando su volumen con relación a la misma cantidad de semillas secas.

.-Las charolas deben quedar instaladas con una inclinación de 5 a 10 centímetros, para favorecer el desagüe del riego y deberán tener perforaciones para dar salida al agua y evitar que se aneguen y muera parte de las semillas.

.-Las charolas de plástico se pueden comprar en la empresa NOVATEC, la fábrica se encuentra en León Gto. Tel 01(477)1 52 22 00.

.-El riego debe hacerse por aspersión, mínimo tres veces al día.

.-El riego diario por metro cuadrado de superficie es de 0.8 litros, pero, conforme crece el FVH, se incrementa la cantidad de riego.

.-Algunos autores recomiendan regar con solución nutritiva, sin embargo, por tratarse de un período de sólo 15 días, las plantulitas subsisten con los nutrientes propios de los cotiledones de la semilla.





## CAPÍTULO XV

# Germinado de Frijol Mungo

.-La Universidad Autónoma de Chapingo, por medio de su Departamento de Posgrado de Fitotecnia (Dr. Clemente Villanueva Tel. 01(595) 9 52 16 16), hizo pruebas con el germinado de frijol mungo.

.-Puede ser para consumo humano o para alimento de aves, cerdos y conejos.

.-El germinado de frijol mungo contiene fitoestrógenos, compuestos químicos no esteroideos; se cree que por el consumo de este germinado, a las mujeres orientales no se les presenta la menopausia.

.-Los germinados tienen 40% de grasas y 40% de proteínas, además de fitoestrógenos, a los que se le atribuye la buena salud de la población oriental.

.-La semilla de frijol mungo es pequeña, como una lenteja, pero más esférica y de color verde como el color de la aceituna.

.-Se puede adquirir en la central de abastos de la Cd. de México a \$64.00/kr<sup>4</sup>.

.-La Ciudad. de México consume tan sólo 10 toneladas diarias, es decir, 5 gramos por habitante.

---

4 Precio de 2020 Se deja como referencia

.-El germinado se completa de 6 a 8 días.

.-Un kilogramo de semilla produce 6 kilogramos de germinado en 6 u 8 días.

.-El germinado se siembra en cajas de plástico de 40x30 y 20 cm de alto, con paredes y fondo de coladera.

.-En un invernadero de 10x40 metros se puede producir una tonelada diaria, colocando las charolas en diferentes niveles.

.-En todo el proceso, las charolas deben estar en la obscuridad, por lo que, si se hace la plantación en un invernadero, es necesario tapar las cajas con una o dos cubiertas negras, para evitar que les dé luz, de manera que los aspersores para el riego queden dentro de la cubierta.

.-El riego se hace por aspersion, 5 minutos cada 3 horas.

.-Es muy importante desinfectar bien las semillas, porque el proceso de germinación se encuentra en un medio óptimo para la proliferación de hongos.

.-Las semillas se lavan con detergente, metiéndolas en una bolsa del mercado tipo malla y se enjuagan en solución de hipoclorito de sodio.

.-Si el germinado es para consumo humano, se recomienda el riego con agua purificada.

.-Una vez cosechado el frijol, las cajas-coladeras se dejan secar para quitarles fácilmente los residuos de raíces que se les enredaron.

.-Se puede preparar con sal, limón y chile piquín en polvo, o con azúcar, o bien, guisarlos al estilo chino con apio, zanahoria, salsa de soya, etcétera.



## ANEXO

# Memorias del Germinado de Frijol Mongo

Viernes 29 de octubre.2004

.-Se compra un kilogramo de semilla en el mercado de La Cruz Querétaro Qro.

.-Se lava con agua corriente

.-A las 10:30 am, se pone a remojar con agua con Cloralex

.-A LAS 11:15 am, se escurre el agua con Cloralex y se pone a remojar en agua con cal.

Sábado 30 de octubre.

.-Las semillas han absorbido el total del agua y se han resecado un poco; un 20% de las semillas ya tienen la raíz de 5 mm. de largo. Se ahogan en agua con unas gotas con Cloralex por 5 minutos y después, se les retira el agua. Se “siembran” en la charola tipo coladera de 40 X 70 cm, se riegan un poco con agua limpia, en esta superficie alcanza un cm. de hondo, y se dejan en la oscuridad

Domingo 31 de octubre 6:00 am.

.-Se riegan con 300 ml de agua de la llave.

12:00 pm Se riegan con 333ml de agua de garrafón y consumimos un área de 8 X 10 cm, con chile, limón y sal.

Se riegan con agua de garrafón, total más de 1 litro en todo el día.

Lunes 1 de noviembre

7:00 am Se riegan con ½ litro de agua de garrafón, y consumimos otra porción, ahora con azúcar morena ¡Excelente!, las raíces ya tienen 3 cm. de largo

Se riega con ½ litro de agua a las 13:00 y a las 22:00 Hrs.

Martes 2 de noviembre

Se riegan 3 veces al día con agua potable, en la mañana consumimos una porción con azúcar, las raíces ya tienen 5 o más cm. de longitud.

Miércoles 3 de noviembre

.-Se riegan en la mañana y consumimos una porción con azúcar. Cosecho una buena ración y la guardo en el refrigerador en un recipiente cerrado. La consumimos durante una semana y el resto se lo llevo al Restaurante de Liliana y Raúl, dándoles buen resultado.



# BIBLIOGRAFÍA

Cultivo Invernadero Por Alpi Tognoni

Apuntes del curso “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANEJO DE INVERNADEROS”, impartido en FIRA por F. Sánchez del Castillo, del 12 al 14 de julio de 2004

Apuntes del curso “TALLER DE ADIESTRAMIENTO EN HIDROPONIA E INVERNADEROS”, impartido en FIRA por Ignacio Miranda Velázquez y Aurelio Bastida Tapia, del 20 al 22 de septiembre de 2004

Miranda Velásquez y Hernández Ortiz, 2002 “Hidroponia”

Gil Vázquez, Sánchez del Castillo y Miranda Velásquez, 2003 “Producción de Jitomate en Hidroponia Bajo Invernadero”

Bastida Tapia y Ramírez Arias, 2002 “Invernaderos en México, Diseño, Construcción y Manejo”.

Bastida Tapia, 2002 “Sustratos Hidropónicos”

