

MANUAL DEL PARTICIPANTE

Cultivo de jitomate con hidroponía

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL CURSO	
Nombre del curso	Cultivo de jitomate con hidroponía
Tipo de curso	Taller teórico práctico
Fecha de elaboración	
Duración	40 horas
Número de participantes	De 10 a 12
Propósito del curso	Capacitar a jóvenes emprendedores como productores de jitomate con hidroponía
Objetivo general del curso	Al término del curso, el joven emprendedor aplicará las técnicas del cultivo de jitomate con hidroponía para su autoconsumo y comercialización.
Contenido del curso	Tema 1. Principios de hidroponía Tema 2. El cultivo del jitomate en hidroponía
Perfil del instructor	Especialista en hidroponía con experiencia en el cultivo del jitomate.
Perfil de los participantes	Jóvenes emprendedores rurales.
Requerimientos del lugar de impartición	
Mobiliario	En aula sillas y mesas móviles
Equipo	Proyector de diapositivas o cañón. (Esto puede eliminarse si se dispone de un invernadero para ver en vivo todos los ejemplos)
Material didáctico	Manual del participante
Requerimientos para el desarrollo de ejercicios y prácticas	
Instrumentos, materiales, instalaciones, equipo, etc.	Charolas con germinadores Instalación de diferentes tipos de riego Invernadero Plantas de jitomate de diferentes tamaños Muestras de diferentes tipos de sustrato
Material didáctico	Manual del participante

ÍNDICE

Presentación
Objetivo general
Introducción

Tema 1. Principios de la hidroponía

Sistemas de hidroponía
Ventajas y desventajas
El sustrato
Germinación con semillas
Aspectos a cuidar
Sistemas de riego en hidroponía

Ejercicio
Síntesis

Tema 2. El cultivo del jitomate en hidroponía

Labores de cultivo
El riego y el agua de riego
Conductividad eléctrica
Aspectos a cuidar
Componentes de los sistemas hidropónicos
Factores a considerar en la producción de cultivos con NFT
Invernaderos

Ejercicio
Síntesis

Conclusiones del curso

Bibliografía

Evaluaciones

PRESENTACIÓN

Con motivo de la regularización de núcleos agrarios en el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Solares Urbanos (PROCEDE) la Secretaría de la Reforma Agraria identificó que uno de cada dos ejidatarios y comuneros supera los 50 años de edad y el 29% de ellos supera los 65 años.

Los jóvenes en el campo tienen un nivel promedio de educación mayor que sus progenitores, con mayor interés y deseos de superación asociados a su etapa de vida, sin embargo enfrentan restricciones para incorporarse a actividades productivas, participar en la toma de decisiones, así como para disponer de medios y recursos para acceder a la tierra y desarrollar proyectos productivos.

Con base en lo anterior, la Secretaría de la Reforma Agraria inició la operación del Programa denominado “**Fondo de Tierras e instalación del Joven Emprendedor Rural**”, el cual tiene como propósito renovar generacionalmente el campo, limitar la migración rural y frenar la fragmentación de la tierra, con la incorporación de los jóvenes a las actividades productivas vinculadas a la tierra, para contribuir a que el sector rural mexicano incremente su productividad a través del fortalecimiento de capital humano con la adopción de nuevas tecnologías.

En una primera etapa el Programa “**Fondo de Tierras e instalación del Joven Emprendedor Rural**” desarrollará capacitación técnica y administrativa para el desarrollo de proyectos-escuela, que permitan la incorporación a la actividad económica de aproximadamente 4,600 hombres y mujeres de entre 18 y 39 años, mediante el emprendimiento de sus propios proyectos productivos en los estados de Sonora, Sinaloa, San Luis Potosí, Guanajuato, Michoacán, Aguascalientes, Guerrero y Oaxaca.

Con un esquema participativo los Comités de Jóvenes Emprendedores han interactuado con el equipo de investigadores, académicos, profesionales y técnicos del Colegio de Postgraduados para que a partir de la identificación de oportunidades y diagnósticos de vocacionalidad productiva micro-regional, se diseñaran proyectos productivos, se formularan planes de negocios y proyectos de inversión rural mediante la reproducción de conocimientos y destrezas a través de un programa de capacitación.

Una vez que la capacitación permite a los jóvenes diseñar el plan de negocios y proyecto productivo correspondiente, podrán solicitar ante el Fondo de Tierras un crédito para arrendamiento o adquisición de tierras asociado al proyecto productivo respectivo, cuidando que el proyecto productivo se encuentre integrado en cadena mediante proyectos escuela, a efecto de darle sustentabilidad, escala económica y retener el valor agregado en los núcleos agrarios participantes.

La capacitación técnica comprende la enseñanza de habilidades tecnológicas para construir, desarrollar el proyecto escuela, el intercambio de experiencias exitosas con otros productores dedicados a proyectos similares, complementada con los conocimientos aportados por la capacitación administrativa que incluye la reproducción de capacidades administrativas, en organización para el trabajo, conocimientos de comercialización y desarrollo de capacidades de gestión, entre otros, que les permitan a los jóvenes emprendedores rurales la instalación de proyectos-escuela

OBJETIVO GENERAL

Al término del curso, el joven emprendedor aplicará las técnicas del cultivo de jitomate con hidroponía para su autoconsumo y comercialización.

INTRODUCCIÓN

Hidroponía significa “trabajo o labor en el agua” y se usa para nombrar a una técnica que consiste en cultivar diversos productos sin tierra.

El trabajo hidropónico puede abarcar varios niveles, desde cultivos muy baratos, convenientes para personas de escasos recursos como indígenas y personas de la tercera edad, hasta personas con niveles de producción a mediana y gran escala que pueden llegar a producir más con esta técnica que con los procedimientos tradicionales.

Hoy en día es de suma importancia crear métodos alternativos de los cultivos tradicionales para evitar la erosión y desgaste del suelo, así como la deforestación y destrucción de ecosistemas.

En este caso, se pretende que los jóvenes emprendedores de áreas rurales, encuentren en la hidroponía una alternativa variada y rentable para estructurar proyectos de producción aprovechando al máximo, los recursos disponibles en sus regiones.

Se da primero un panorama general en cuanto a los principios y a las condiciones requeridas por este sistema de trabajo y posteriormente, se proporciona información específica sobre el cultivo de jitomate con hidroponía.

“La tierra nos ha dado todo lo que tenemos y lo que somos; ayudemos a la tierra en su tarea de conservación”.

TEMA 1. PRINCIPIOS DE LA HIDROPONIA

OBJETIVO PARTICULAR

Al finalizar el tema, los jóvenes emprendedores, identificarán la hidroponía por sus características, ventajas y desventajas, como una alternativa de cultivo viable para su región.

INTRODUCCIÓN

La hidroponía es una alternativa para producir alimentos sin tener que esperar a la lluvia o sin temer a los fenómenos de sequía y exceso de agua, fenómenos que han encarecido el abasto de alimentos en todo el mundo.

A través de la hidroponía, es posible primero, que la gente produzca para su autoconsumo y posteriormente, que logre producir para vender.

La hidroponía resulta atractiva ya que permite producir más, por ejemplo, con las técnicas tradicionales se pueden lograr 30 toneladas de pepino por hectárea, y con técnicas hidropónicas se ha logrado producir 300 toneladas.

Además esta técnica permite incorporar al cultivo regiones del país que abarcan desde terrenos poco fértiles o muy pequeños hasta las azoteas de una ciudad donde una familia de personas que no se hayan dedicado a la agricultura pueden cultivar hortalizas con éxito, para su autoconsumo.

SISTEMAS DE HIDROPONÍA

De lo que trata la hidroponía es que tengamos el mayor control posible sobre el desarrollo de las plantas.

Por ejemplo, hay sustancias que son necesarias para el desarrollo de la planta, pero puede que en un tipo de tierra no estén en la cantidad correcta, y que además sea difícil averiguar cuánto tienen. Por ejemplo el

nitrógeno. Compuestos necesarios de N para la planta, pueden ser muy abundantes en un tipo de tierra y muy escasos en otra. Hay tierras que son sumamente fértiles y hay tierras que no sirven para cultivar nada. Entonces la tierra es una mezcla muy complicada que nos hace muy difícil tener el control total sobre las plantas.

Para dedicarse a cultivar hortalizas, flores o frutos con hidroponía es necesario conocer los sistemas que se puede emplear. Hay dos sistemas para realizar la hidroponía:

El cultivo en agua: las plantas viven directamente en el agua, en la que se han disuelto los nutrientes, que están en contacto con las raíces de la planta. El agua es oxigenada previamente para evitar que las plantas sufran por falta de oxígeno y mueran.

El cultivo con sustrato: las plantas crecen en un material sólido, inerte y libre de nutrientes que es el sustrato. Este sustrato ayuda a fijar a la raíz de planta sirviéndole de sostén. Los nutrientes son disueltos en el agua, que al circular por el sustrato, está en contacto con las raíces de las plantas. El sustrato guarda el aire y la humedad, y debe de tener un buen drenaje para eliminar el exceso de agua y de nutrientes. Este sistema es el más recomendado por los agricultores.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Este sistema se difunde cada día más debido a que cuenta con muchas ventajas; sin embargo, antes de decidirse a por esta forma de cultivo es necesario analizar con cuidado tanto las ventajas como las desventajas que habrá que enfrentar.

Ventajas:

- Reduce costos de producción en forma considerable.
- No depende de los fenómenos meteorológicos.
- Permite producir cosechas fuera de temporada.
- Requiere mucho menor espacio y capital para una mayor producción.
- Ahorra agua, pues se recicla. La técnica es muy apropiada en zonas donde hay escasez de agua.

- No usa maquinaria agrícola.
- Permite una rápida recuperación de la inversión inicial.
- Proporciona mayor precocidad en los cultivos.
- La producción es intensiva, lo que permite tener mayor número de cosechas por año.
- Permite la automatización casi completa.
- Evita la contaminación del aire al no utilizar maquinaria agrícola.
- Evita los riesgos de erosión que se presentan en la tierra.
- Permite producir en zonas áridas o frías.
- Facilita el cultivo aún en pequeños locales en las ciudades.
- Proporciona uniformidad en los cultivos.
- Permite ofrecer mejores precios en el mercado.
- Contribuye a la solución del problema de la conservación de los recursos.
- Se adapta a los conocimientos, espacios y recursos de muchas personas.
- No se abona con materia orgánica.
- Utiliza nutrientes naturales y limpios.
- Se puede cultivar en aquellos lugares donde la agricultura normal es difícil o casi imposible.
- Permite la producción de semilla certificada.
- Asegura mayor higiene en el manejo del cultivo.
- En la agricultura tradicional tanto la siembra como la cosecha se realizan en una misma fecha; en hidroponía estas labores se realizan en forma escalonada, lo cual permite llevar una programación de la producción.
- En la agricultura tradicional es necesario hacer una rotación de cultivos para evitar una infestación de nemátodes en las raíces. En un cultivo sin suelo no se presenta este problema y se puede trabajar continuamente como monocultivo.

Desventajas:

- El costo inicial resulta alto.
- Es necesario un entrenamiento para operar este sistema con posibilidades de éxito.
- Las enfermedades y plagas pueden propagarse rápidamente.
- La materia orgánica y los animales benéficos del suelo están ausentes.

PRESENTACIÓN

Con motivo de la regularización de núcleos agrarios en el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Solares Urbanos (PROCEDE) la Secretaría de la Reforma Agraria identificó que uno de cada dos ejidatarios y comuneros supera los 50 años de edad y el 29% de ellos supera los 65 años.

Los jóvenes en el campo tienen un nivel promedio de educación mayor que sus progenitores, con mayor interés y deseos de superación asociados a su etapa de vida, sin embargo enfrentan restricciones para incorporarse a actividades productivas, participar en la toma de decisiones, así como para disponer de medios y recursos para acceder a la tierra y desarrollar proyectos productivos.

Con base en lo anterior, la Secretaría de la Reforma Agraria inició la operación del Programa denominado “**Fondo de Tierras e instalación del Joven Emprendedor Rural**”, el cual tiene como propósito renovar generacionalmente el campo, limitar la migración rural y frenar la fragmentación de la tierra, con la incorporación de los jóvenes a las actividades productivas vinculadas a la tierra, para contribuir a que el sector rural mexicano incremente su productividad a través del fortalecimiento de capital humano con la adopción de nuevas tecnologías.

En una primera etapa el Programa “**Fondo de Tierras e instalación del Joven Emprendedor Rural**” desarrollará capacitación técnica y administrativa para el desarrollo de proyectos-escuela, que permitan la incorporación a la actividad económica de aproximadamente 4,600 hombres y mujeres de entre 18 y 39 años, mediante el emprendimiento de sus propios proyectos productivos en los estados de Sonora, Sinaloa, San Luis Potosí, Guanajuato, Michoacán, Aguascalientes, Guerrero y Oaxaca.

Con un esquema participativo los Comités de Jóvenes Emprendedores han interactuado con el equipo de investigadores, académicos, profesionales y técnicos del Colegio de Postgraduados para que a partir de la identificación de oportunidades y diagnósticos de vocacionalidad productiva micro-regional, se diseñaran proyectos productivos, se formularan planes de negocios y proyectos de inversión rural mediante la reproducción de conocimientos y destrezas a través de un programa de capacitación.

Una vez que la capacitación permite a los jóvenes diseñar el plan de negocios y proyecto productivo correspondiente, podrán solicitar ante el Fondo de Tierras un crédito para arrendamiento o adquisición de tierras asociado al proyecto productivo respectivo, cuidando que el proyecto productivo se encuentre integrado en cadena mediante proyectos escuela, a efecto de darle sustentabilidad, escala económica y retener el valor agregado en los núcleos agrarios participantes.

La capacitación técnica comprende la enseñanza de habilidades tecnológicas para construir, desarrollar el proyecto escuela, el intercambio de experiencias exitosas con otros productores dedicados a proyectos similares, complementada con los conocimientos aportados por la capacitación administrativa que incluye la reproducción de capacidades administrativas, en organización para el trabajo, conocimientos de comercialización y desarrollo de capacidades de gestión, entre otros, que les permitan a los jóvenes emprendedores rurales la instalación de proyectos-escuela

- Las plantas reaccionan rápidamente tanto a buenas como a malas condiciones.
- Las variedades de plantas disponibles no son siempre las mejores.
- La creencia de que se puede iniciar un proyecto con mucha facilidad, puede desalentar su continuidad, por los elevados costos de producción y las dificultades técnicas que implica. Es mejor hacer pequeños ensayos y, con la experiencia adquirida, ir haciendo crecer el proyecto.
- El desconocimiento del sistema hidropónico apropiado para producir un determinado cultivo. Es muy importante recibir asesoramiento de un experto.
- Algunas empresas proveedoras crean falsas expectativas al ofrecer altos rendimientos, sin tener en cuenta que se necesita el conocimiento de las plantas, plagas y enfermedades.
- El desconocimiento del manejo agronómico puede reducir significativamente los rendimientos.
- El éxito de la producción hidropónica depende más del conocimiento del manejo agronómico (clima apropiado para el cultivo, siembra, riegos, control de plagas y enfermedades, etc.) que del conocimiento de la técnica en sí.
- La falta de experiencia en el manejo de las soluciones nutritivas puede alterar su composición y afectar la apariencia y calidad de las plantas.

Hay que señalar, por último, lo que los expertos aseguran: **“Si un agricultor piensa que la hidroponía le va a ahorrar trabajo y tiempo en el cultivo, seguramente fracasará”**. Si las plantas crecen más rápido, necesitarán más atención y cuidados.

Dedicándole el tiempo suficiente y los cuidados necesarios, la hidroponía es una excelente alternativa para mejorar la producción agrícola.

Ejemplo. Es conveniente que los participantes puedan visitar un invernadero donde aprecien el cultivo por hidroponía, o por lo menos tener acceso a varios recipientes con germinación en hidroponía y algunas plantas ya adultas, para observar su producción.

SÍNTESIS

La hidroponía es un método para cultivar plantas sin tierra.

Hay dos sistemas en la hidroponía:

- Cultivo en agua, y
- Cultivo en sustrato

La hidroponía tiene muchas ventajas, pero también tiene desventajas. Hay que conocer todas ellas antes de decidirse a usar este procedimiento.

EL SUSTRATO

Si se elige el sistema de cultivo con sustrato, que parece ser el que mejores resultados ha dado, es conveniente saber lo básico de este medio.

Lo que se necesita en lugar de la tierra es una cosa que se llama "sustrato", que quiere decir "lo de abajo"; o sea, lo que va a estar en la base de las plantas.

Se llama sustrato a un medio sólido inerte que cumple 2 funciones esenciales:

- Anclar y sostener las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar.
- Contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan.

Los gránulos de que está compuesto el sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos los que permiten la presencia entre 15% y 35% de aire y entre 20% y 60% de agua, en relación con el volumen total. Muchas veces resulta muy útil mezclar sustratos buscando que unos aporten lo que les falta a otros. Para elegir o combinar los sustratos, hay que tener en cuenta las características que se espera que tenga:

- Retención de humedad.
- Alto porcentaje de aireación.
- Físicamente estable.
- Químicamente inerte.
- Biológicamente inerte.
- Excelente drenaje.

- Que posea capilaridad.
- Liviano.
- De bajo costo.
- Alta disponibilidad.

Los sustratos más utilizados son:

a) **Orgánicos.** La cascarilla de arroz, la viruta y el aserrín de madera, la cáscara de coco. Sin embargo, estos sustratos no se recomiendan para el cultivo hidropónico, ya que no son duraderos y, al degradarse, pueden obstruir el paso de la solución nutritiva o del oxígeno. Además, pueden contaminar con facilidad al pudrirse, desarrollando hongos o lama.

b) **Naturales.** La grava, la arena (fina, media o gruesa, puede ser de cuarzo, de río o de construcción), el tezontle, la piedra pómez con carbón mineral, la piedra volcánica (como el basalto), la perlita (que se vende como agrolita), la vermiculita, el ladrillo triturado, las tejas molidas (libres de elementos calcáreos o cemento), la mica (que es un mineral que forma como laminitas transparentes. En el espacio que queda entre estas laminitas cabe una cantidad enorme de agua, por lo que este mineral es bastante apropiado para realizar la germinación).

c) **Sintéticos.** El hule espuma, el “tecnosport”, los pelets o esponjas de polipropileno (trozos de plástico), el poliuretano, el poliestireno, el polietileno, la espuma plástica.

Se puede sembrar en muchísimas cosas distintas. Desde sembrar en vasitos de yoghurt hasta en hule espuma. Hay diferentes clases de sustratos, por ejemplo hay uno conocido como Peat-Moss, que en castellano se llama turba. Son restos de musgos de miles de años que se han ido depositando en la tundra en los países que están muy al norte. Crece el musgo un año, se seca, al año siguiente el nuevo musgo crece sobre el que se quedó, y así ha sucedido por miles de años. Se han acumulado unas cantidades fabulosas de restos de musgo, y este es un material que es prácticamente inerte, es decir, no le queda nada más que la fibra. Esta mezcla ya la venden preparada. Tiene también hay un material que se llama vermiculita, que es un mineral capaz de absorber una cantidad enorme de agua. También tiene perlita agrolita, que es un tipo de piedra caliza que sirve para proporcionar el calcio y el magnesio, y también para controlar el grado de acidez del sustrato. Esto tiende a ser bastante

ácido. Con la mezcla de la agrolita se regula el grado de acidez. Este es un sustrato que se vende de forma comercial y realmente funciona muy bien para germinación. Se consigue como "Mezcla-3", y la marca más conocida es la de Sunshine.

Ejemplo. Los participantes deberán conocer físicamente varios tipos de sustratos.

Hay que tener mucho cuidado con las características de los sustratos en cuanto a ser porosos y a retener el agua, ya que en ocasiones, son incompatibles, es decir, los sustratos buenos para retener el agua, no son muy porosos y al contrario.

En principio no existe un sustrato ideal o único, es cuestión de ir experimentando; también se pueden hacer mezclas para aprovechar las ventajas de cada uno de estos materiales.

Ejercicio. Discutirán en pequeños grupos cuáles son los sustratos más convenientes de usar en su región. Considerando su disponibilidad, su economía y sus características.

SÍNTESIS

El sustrato debe tener tres características:

- Ser inerte química y biológicamente,
- Tener buena retención de agua, y
- Tener porosidad para permitir el paso de aire.

Ser inerte químicamente. Esto quiere decir que no tenga sustancias que influyan en el desarrollo de la planta, ni para bien ni para mal, porque nosotros vamos a aplicar lo que necesita la planta a través del agua de riego. También debe **ser inerte biológicamente** es decir, que no esté lleno de microorganismos que puedan hacer que se pudran las plantas o que les causen algún daño, no debe tener insectos, nemátodos, ni nada que pudiera comerse las semillas, follaje o raíces.

Tener buena retención de agua, porque si se le escurre el agua de inmediato no va a servir para nada, ya que la planta va a tomar del agua todo lo que necesita para alimentarse.

Tener suficiente porosidad para que penetre el aire hasta las semillas y éstas puedan respirar.

Iniciación del cultivo. ¿Cómo se logra reproducir una planta? No todas las plantas se reproducen a través de semillas. Por ejemplo, las violetas africanas. Se toma una hoja de violeta africana, se pone en agua y tres semanas después empiezan a salirle raicillas, y después de 5 ó 6 semanas ya se ve una plántula formada en el pecíolo de la hoja. Se siembra eso y ya se tiene una nueva planta.

Entonces, el cultivo se puede iniciar con semillas, con esquejes, con plántulas obtenidas a través de otra técnica, o con trasplante de otra planta que ya tengamos.

GERMINACIÓN CON SEMILLAS

Cuando usamos semillas para iniciar un cultivo hay que tener en cuenta que no todas las semillas germinan. Cuando se compra la semilla, hay que ver el empaque, para saber la fecha en que se envasó, el porcentaje de germinación que considera el productor y la duración de la semilla en buenas condiciones.

Una de las razones por las que la semilla se debe enterrar, es para que esté húmeda. La parte de arriba del sustrato está seca, pero adentro está húmeda. Se entierra la semilla para que tenga humedad. Además, algunas semillas requieren de oscuridad para poder germinar. Entonces se entierran para buscar humedad y oscuridad. Aunque hay otras plantas que requieren luz para germinar, por ejemplo, la lechuga.

La profundidad a que debe sembrarse una semilla depende de sus dimensiones. Por ejemplo, una semilla que mida 3 mm de largo hay que ponerla a una profundidad igual a 3 mm, es decir, se siembra a una profundidad igual a la más grande de sus dimensiones.

También se acostumbra hacer un hoyito y depositar la semilla ahí adentro sin cubrirla con sustrato, como queda sumida, el ambiente que la rodea es de humedad total. Tal vez en los alrededores del hoyito esté más seco, pero en donde está la semilla está bien húmedo; y además, le sigue dando luz a la semilla y con eso podrá germinar. No hay que cubrirla.

ASPECTOS A CUIDAR

Temperatura. La temperatura que sirve para la gran mayoría de las plantas es la de las habitaciones. Si anda alrededor de 20 grados, prácticamente todas las plantas van a germinar, salvo cosas muy, muy especiales. Si la temperatura es más o menos baja, es decir, su promedio es del orden de 16 grados, a lo mejor una semilla de jitomate va a tardar unos 15 días en germinar. Si el lugar es bien caliente y su temperatura promedio es del orden de 25 grados, a lo mejor germina en 5 días. Entonces la temperatura y el tiempo de germinación son dos cosas que están muy relacionadas. Es conveniente no desesperarse.

Humedad. Es importante mantener la humedad. Se puede usar una cajita de plástico. En estas cajitas se ponen los vasitos que contienen sustrato y semillas; se tapan, y eso mantiene la humedad, y entonces la humedad se conserva hasta que emerjan las plantas. Hay que destaparlas de vez en cuando para que se cambie el aire; y con esto se puede mantener la condición de humedad en los germinadores.

Trasplante. Una vez que emergen las plántulas, es necesario colocarlas en donde vayan a seguir creciendo. Hay que tener en cuenta en qué momento salen las primeras hojas, por ejemplo, si vamos a trasplantar a las lechugas cuando tengan 5 hojas verdaderas, saber cuáles hay que contar y cuáles no.

Hay que empezar a alimentar a las plantas en cuanto emergen. Desde que sale la plántula es conveniente empezar a ponerle algunos minerales para que empiece a nutrirse y desarrollarse bien. Hay fertilizantes especiales para desarrollo inicial de plántula. Cuando son muy pequeñitas las plantas, solo hacen falta unas gotitas del fertilizante para que se empiecen a desarrollar.

Fertilizante. Se puede utilizar soluciones que ya vienen preparadas. Por ejemplo hay una que está hecha con base en un fertilizante que se llama

Hakaphos 13-40-13. Los números indican las cantidades que el fertilizante tiene de nitrógeno, de fósforo y de potasio, respectivamente.

Esta es una solución muy, muy concentrada. Si se le pone directo a las plántulas, las puede matar instantáneamente. Se tiene que diluir: se debe poner 1 ml por cada litro de solución. O sea, para preparar un litro de solución con la que se van a regar las plántulas, hay que ponerle 1 ml. Algunos goteros están graduados en ml, y con éstos es posible medir la cantidad de solución. O si no, consideren que 20 gotas es igual a 1 ml. Si necesitan ustedes para regar 100 ml, le van a poner 2 gotas de solución al agua.

Cantidad correcta de luz. Siempre que una planta se alarga cuando recién emerge, es que está buscando luz. Eso significa que la luz que se le está proporcionando es insuficiente. La misma planta va diciendo cuánta luz necesita.

Lo que se tiene que hacer entonces, es buscar un lugar donde haya más luz, pero siempre será necesario dosificarla; en fin, hay muchas soluciones para controlar la cantidad de luz.

Tiene que circular el aire. Esto por lo general no es un problema a menos que estén en un recipiente que esté totalmente tapado. Hay cosas en el sustrato que pueden empezarse a descomponer, como el oxígeno, y entonces hay que airearlo constantemente, para mantener una buena calidad del aire.

Ejemplo. Los participantes deberán observar las semillas recién brotadas, para analizar todos los factores que intervienen (temperatura, luz, aire, humedad, solución nutriente, etc).

La humedad, se mantiene con el riego. Para regar hay muchas maneras. Pero antes de ver diferentes sistemas de riego, veremos lo que debe contener el agua en cuanto a nutrientes.

Un ejemplo es la fórmula de Bechhart y Connors, desarrollada en la Estación Experimental Agrícola de New Jersey que utiliza:

Sulfato de Amonio $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ 30 gramos
Fosfato de Potasio monobásico KH_2PO_4 57 gramos
Sulfato de Magnesio $\text{MgSO}_4+7\text{H}_2\text{O}$ 114 gramos

Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 486 gramos

Esta fórmula se disuelve directamente en 200 litros de agua. Se puede ocupar para cultivar apio, cebolla, berenjena, rábano, pimiento, tomate, entre otros vegetales.

Otro ejemplo es la fórmula desarrollada en el Colegio de Agricultura Universidad de California:

Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 90 gramos

Nitrato de Potasio KNO_3 90 gramos

Fosfato ácido de amonio 20 gramos

Sulfato de Magnesio $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 30 gramos

Esta fórmula es disuelta directamente en 200 litros de agua. Se utiliza normalmente en cultivos florales como; rosas, crisantemos, claveles y geranios.

Ejercicio. Los participantes prepararán una solución nutriente para un determinado tipo de plantas, analizando las proporciones que debe contener de cada tipo de sustancia.

SÍNTESIS

Una de las formas de iniciar un cultivo es germinando semillas.

Las plantas necesitan mucho cuidado, hay que controlar:

- La temperatura
- El tiempo de trasplante
- El fertilizante
- La cantidad de luz
- La circulación del aire
- La humedad ,y
- La proporción de nutrientes que debe recibir la planta.

SISTEMAS DE RIEGO EN HIDROPONÍA

Las formas de riego más empleadas hasta ahora son:

a) **Riego localizado o por goteo:**

Consiste en aplicar agua a cada maceta mediante un tubo muy delgado, provisto de una salida de bajo caudal. Es uno de los métodos más utilizados.

b) **Riego por aspersión:**

El agua se deja caer sobre el follaje desde una cierta altura a manera de lluvia. Es un sistema que se ha utilizado mucho pero que actualmente está en desuso.

c) **Subirrigación:**

Esta es una técnica de riego que consiste en suministrar el agua a la base de la maceta. Esto se realiza mediante el llenado de agua de una bandeja donde están colocadas las macetas.

Entre los sistemas más conocidos están:

Recirculante (NFT). En este caso NFT son las iniciales de Nutrient Film Technique que es una expresión en inglés que significa "la técnica de la película nutriente". También se le llama sistema de recirculación continua. Ya que consiste en recircular continuamente la solución con los nutrientes por una serie de canales de PVC de forma rectangular y de color blanco, llamados canales de cultivo. Los canales están apoyados sobre mesas o caballetes. En cada canal hay una serie de agujeros donde se colocan las plantas contenidas en pequeños vasos plásticos. Las mesas tienen una ligera pendiente que facilita la circulación de la solución. Luego, la solución es recolectada y almacenada en un tanque.

Una bomba funciona continuamente durante las 24 horas del día, con el propósito de que por los canales circule una película o lámina de apenas 3 a 5 milímetros de solución nutritiva. La recirculación mantiene a las raíces en contacto permanente con la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces y un suministro adecuado de nutrientes minerales para las plantas. El sistema es muy usado para cultivos de rápido crecimiento como la lechuga y albahaca.

Raíz flotante. Es el sistema hidropónico por excelencia, ya que las raíces de las plantas están sumergidas parcialmente en la solución nutritiva. La principal técnica comercial es la Técnica de Flujo Profundo (DFT, Deep Flow Technique), donde planchas de poliestireno expandido que sostienen un determinado número de plantas, flotan sobre una solución nutritiva aireada frecuentemente a través de una compresora.

Este sistema se usa en proyectos de hidroponía social en diferentes países latinoamericanos, generalmente para cultivar hortalizas de hojas, como lechuga, albahaca, apio, menta, hierba buena, entre otras.

Es muy importante airear la solución nutritiva; esto se puede hacer inyectando aire con una compresora o manualmente, utilizando un batidor plástico limpio, por lo menos dos veces al día. De esta manera es posible redistribuir los nutrientes y oxigenar la solución. (La presencia de raíces de color oscuro es un indicador de una mala oxigenación y esto limita la absorción de agua y nutrientes, afectando el crecimiento y desarrollo de las plantas).

Aeropónico. En este sistema las plantas se colocan sostenidas en agujeros en planchas de termopor (poliestireno expandido). Las raíces están suspendidas en el aire debajo de la plancha y encerradas en una cámara de aspersión. La cámara está sellada por lo que las raíces están en oscuridad y saturadas de humedad. Por nebulización se hace llegar la solución nutritiva a las raíces. Este se hace sólo unos cuantos segundos cada 2 a 3 minutos, tiempo suficiente para humedecer y oxigenar las raíces. Este sistema hidropónico se utiliza para fines ornamentales o decorativos porque sus costos de operación son altos.

Riego por goteo. Dentro de los sistemas hidropónicos, el sistema de riego por goteo es el más usado a nivel mundial, principalmente cuando se trabaja con un sustrato de lana de roca . Este tipo de sustrato se usa en el 57 % de las áreas dedicadas mundialmente a la producción con hidroponía. La lana de roca es un sustrato obtenido por fusión de la roca, que luego es hilado en fibras y embolsado o precintado en bloques y planchas. Su principal característica es que contiene muchos espacios vacíos (97 %), lo cual permite sostener niveles muy altos de agua disponible y también un buen contenido de aire. Se fabrica en Holanda, España, EEUU, donde es muy usado. Pero en nuestro país tiene un alto

costo el flete para su importación, por lo que es preferible utilizar sustratos locales, como la piedra pómez que es un sustrato natural excelente.

La solución nutritiva es proporcionada a cada planta a través de goteros conectados en mangueras de goteo de polietileno de color negro. El riego se hace aplicando pequeñas cantidades de solución nutritiva directamente en la zona de la raíz. El sistema es muy usado para la producción de cultivos de fruto como tomate, pimiento, melón, pepinillo y sandía.

Sistema de columnas. Este sistema permite una alta producción de plantas por unidad de área, aunque solo puede aplicarse a plantas de porte pequeño. Es muy usado para la producción de fresas.

Las plantas que crecen en un sistema de columnas deben estar bien iluminadas, de lo contrario se vería afectado su rendimiento.

Las columnas generalmente son tubos de PVC de 6" ó de 8" de diámetro, mangas plásticas de 8 micras de espesor y de 25 a 30 cm de diámetro, o macetas de termopor (poliestireno expandido) de 3.5 litros de capacidad, apiladas una sobre otra. En cada columna de diez macetas apiladas se pueden cultivar hasta 40 plantas (4 plantas por maceta, una en cada esquina). Las macetas tienen agujeros que permiten el drenaje de la solución nutritiva hacia la maceta inferior y así sucesivamente.

Para este tipo de sistema se deben usar sustratos livianos, y con capacidad para retener agua; de preferencia de fácil disponibilidad para no elevar los costos, como pumecita o perlita solos, o mezclados con turba, musgo, cascarilla de arroz o fibra de coco.

La solución nutritiva se distribuye por mangueras de polietileno negro que corren sobre las columnas. Sobre cada columna, se colocan 4 goteros conectados a tubos de 3 mm de diámetro, los cuales se colocan en diferentes puntos de la columna. Dos de los tubos deben colocarse en la primera maceta superior. Cuando se enciende el sistema de riego, la solución nutritiva ingresa por cada pequeño tubo, de tal forma que todo el sustrato se humedece por gravedad.

La frecuencia de riego dependerá del sustrato, de las condiciones climáticas y de la edad de las plantas. De 4 a 6 riegos por día pueden ser suficientes.

Ejemplo. Los participantes deberán observar diferentes tipos de riego, ya sea directamente, en fotografía, a escala, o por otro medio.

En los últimos diez años, ha aumentado mucho el área mundial destinada a la producción hidropónica. En 1996 el área mundial era de 12,000 hectáreas (ISOSC; Sociedad Internacional de Cultivo Sin Suelo) y, actualmente se considera que hay unas 25,000 hectáreas, de las cuales el 81% (20,200 hectáreas) son cultivadas sólo por 10 países. Holanda es el país con más de 30 hectáreas destinadas a la producción hidropónica. Los sistemas más utilizados son el sistema de riego por goteo con lana de roca y el sistema NFT. Los cultivos hidropónicos que han demostrado ser los más rentables son tomate, pepinillo, pimiento, lechuga y flores cortadas. México aparece en el puesto 17 con 120 hectáreas.

Ejercicio. Los participantes discutirán en pequeños grupos las ventajas y desventajas de cada sistema de riego.

SÍNTESIS

Se puede regar las plantas hidropónicas de varias formas:

- Riego localizado o por goteo
- Riego por aspersion
- Subirrigación

Los sistemas de riego más conocidos son:

- Recirculante (NFT). Es el más empleado y consiste en hacer pasar una capa muy fina de solución nutriente por las raíces de las plantas.
- Raíz flotante. Las plantas están sobre unas planchas que flotan en la solución nutriente, quedando sus raíces sumergidas en ella.
- Aeropónico. Las raíces están encerradas en una cámara sin luz, donde reciben por aspersion la solución nutriente.
- Por goteo. Mediante mangueras con goteo controlado llega la solución nutriente directamente a las raíces.
- Por columnas. Se forman columnas con macetas, en las que las plantas están en un sustrato ligero y se hace bajar la solución nutriente por gravedad, de una maceta a la otra, usando unas mangueras.

TEMA 2. EL CULTIVO DEL JITOMATE EN HIDROPONÍA

OBJETIVO PARTICULAR.

Al finalizar el tema, los jóvenes emprendedores aplicarán técnicas de hidroponía en el cultivo de jitomate bola en su región, para su autoconsumo y comercialización.

INTRODUCCIÓN

¿Tienen mejor calidad los tomates cultivados en hidroponía, que son madurados en la planta o los que provienen de cultivos tradicionales que son cortados verdes y madurados fuera de la planta?

Hay creencia general de que la calidad de los tomates madurados en la planta es mejor que la de los tomates madurados fuera la planta (cortados verdes), lo anterior es de gran importancia ya que la calidad es un factor que influye en el precio de venta.

Muchas personas prefieren consumir frutos que no hayan recibido ninguna clase de pesticida, aunque tengan que pagar por ellos un precio mayor.

La verdad es que el consumidor es el que determina cuáles productos prefiere, pero la calidad de los jitomates producidos con hidroponía, su tiempo de cosecha, así como el control de sus características, hacen de esta una alternativa atractiva para los productores.

LABORES DE CULTIVO

El tomate, llamado jitomate en nuestro país, es la hortaliza más difundida en todo el mundo. Hablando de hidroponía es el principal cultivo, debido a su alta rentabilidad.

El jitomate (*Lycopersicon esculentum*) es una planta de la familia Solanaceae. Es semiperenne y puede desarrollarse en forma rastrera, semierecta y erecta. Es de porte arbustivo. Para que tengan valor comercial se requiere que las plantas sean vigorosas y compactas, con frutos de tamaño uniforme y suficientemente firmes, con piel gruesa y resistentes al manipuleo y almacenaje. También es importante que las plantas tengan una buena resistencia a las enfermedades y que los frutos tengan una buena maduración fuera de la planta y una larga vida en el anaquel.

Etapas del cultivo

El jitomate tiene cuatro etapas importantes en su cultivo:

1. Siembra o almácigo.
2. Crecimiento vegetativo.
3. Floración.
4. Fructificación.

Siembra o almácigo.

El almácigo es un pequeño espacio en el que se ponen a germinar las semillas, donde se cuida que las condiciones sean las mejores para el buen crecimiento de las plántulas.

Primeramente hay que seleccionar la variedad de jitomate que se desee cultivar, y procurar que las semillas elegidas sean de buena calidad, ya que de otro modo se afectará el cultivo. Luego se siembra la semilla en charolas, que pueden ser de diversos materiales y finalmente, se espera a que germinen las plántulas.

El sustrato para almácigo puede ser de arena de río o de cuarzo, grava fina, tezontle o piedra pómez. Se debe regar diariamente, solo con agua, asegurando mantener la humedad, pero sin exceso de agua para evitar la falta de aireación en el sustrato. A partir de que aparecen los cotiledones y las primeras hojas, los riegos se hacen con solución nutritiva a la mitad de la dosis los primeros cinco días y después se aumenta a la dosis completa hasta su trasplante.

La mejor temperatura para la germinación del jitomate es de 22 a 24 ° C. Temperaturas más altas o más bajas producen un bajo porcentaje de germinación.

Crecimiento vegetativo.

Las tres etapas del desarrollo temprano son germinación, post-aparición, y trasplante. La germinación debe ocurrir a una semana de la sembradura; la post-aparición tarda generalmente de 5 a 12 días; y el trasplante se debe hacer entre los 12 y los 14 días después de la sembradura.

Se recomienda hacer el trasplante a sacos de cultivo de 1m de largo por 0.25m de ancho. Estos sacos se rellenan con un sustrato inerte con partículas de 1 a 2 milímetros de diámetro (puede ser piedra pómez, arena de río o de cantera, etc). Cada saco debe contener un volumen de 30 litros de sustrato. El sustrato se debe lavar, desinfectar y enjuagar antes de ponerlo en el saco.

Se forman hileras con dos filas de sacos de cultivo separados por 50 cm. El espaciamiento entre hileras es de aproximadamente un metro. Se trasplantan dos plántulas por saco, con un distanciamiento de 40 cm . Así la densidad del cultivo es de 2.5 plantas/m².

El procedimiento de trasplante es el siguiente: se humedece el sustrato del saco, se hacen dos agujeros retirando un poco de sustrato y en cada uno se coloca una plántula con todo y su sustrato, luego se rellena con el sustrato que se sacó para sostener firmemente la plántula en el saco de cultivo.

La temperatura óptima para que una planta se desarrolle bien, debe estar entre los 21 y los 24 grados centígrados, cuando la temperatura se mueve entre los 18 y 27 grados centígrados el desarrollo de la planta es mucho menor, lo que provoca una disminución en el rendimiento de la planta, así como una menor producción. Para la noche las temperaturas deben estar aproximadamente entre 16° y 18.5° C, aunque muchas variedades de jitomate no hacen diferencia entre el día y la noche. A partir de ese momento se riega diariamente con solución nutritiva con el sistema de riego por goteo. Al pie de cada plántula se coloca una estaquita de plástico que está conectada a un gotero. La solución nutritiva sale por los goteros y es conducida por las estaquitas hasta el pie de cada plántula.

El número de riegos va aumentando conforme crecen las plantitas. La solución nutritiva debe tener una Conductividad Eléctrica (CE) de 2.0 a 2.2 mS/cm. Pero durante el invierno, si las condiciones de luz son bajas se recomienda que la solución nutritiva tenga una CE alta (2.5 mS/cm).

Es conveniente que las plantas generen tallos no muy largos, es decir, plantas compactas, con racimos florales a corta distancia, porque esto permite un mayor crecimiento, produciendo más racimos. Para ayudar a lograr esto hay que mantener altos niveles de CE (de 3.5 a 5.0 mS/cm) en la solución nutritiva, durante el ciclo de vida del cultivo.

A fin de mantener la planta erguida y evitar que las hojas y los frutos toquen el piso se recurre al tutorado, esto es, las plantas se sujetan con anillos plásticos a un hilo de polipropileno que se enrolla en un gancho galvanizado, sujeto a un alambre grueso que va colgado a 2 ó 2.5m sobre el suelo. Cuando las puntas de la planta alcanzan el alambre, se baja la planta descolgando el hilo, de esta forma la planta siempre se desarrolla hacia arriba, recibiendo la máxima luminosidad y aireación.

A los 15 ó 20 días del trasplante, se hace necesario podar la plantas, para quitar los primeros tallos laterales y las hojas más viejas, para mejorar la aireación del cuello, controlar el excesivo crecimiento del follaje y favorecer las flores y frutos en crecimiento.

Floración

El primer racimo de flores de una planta sana será el mejor, ya que no tiene que competir con otros frutos de la planta, las flores deben ser color amarillo intenso, pero esto depende de la cantidad de luz.

La fotosíntesis es la clave para obtener una buena producción. La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas transforman las sustancias que toman sus raíces en alimento, pero para ello necesitan la luz del sol. Si disminuye la fotosíntesis debido a condiciones de baja luz, alta humedad o estrés debido a la falta de agua, la producción de azúcares disminuirá y esto repercutirá en la calidad del fruto. Si la fotosíntesis disminuye es menor la producción de fotosintatos, necesarios para alimentar los frutos en crecimiento. Una vez que las flores abren deben ser fecundadas, es decir debe movilizarse el polen. La polinización puede ser realizada por insectos como las abejas o los abejorros o por corrientes de aire, pero es muy importante

que la polinización se realice todos los días, ya que el polen fertiliza los óvulos de la flor y cada óvulo fertilizado dentro de la flor producirá una semilla y las semillas determinan el tamaño del fruto.

Fructificación

Para cuidar la calidad de los frutos de un racimo hay que hacer un raleo, es decir, eliminar los frutos inmaduros, mal posicionados, dañados por insectos, deformes, y los que presenten un tamaño demasiado pequeño. Esta poda permite que los frutos que queden se desarrollen mejor.

Generalmente el primer fruto es bastante grande y se le conoce como “fruto rey”, también este fruto debe ser retirado ya que compite con todos los demás.

Cuando los frutos alcanzan el estado de madurez estando verdes, detienen la importación de fotosintatos, esto pasa como 10 días antes de que cambien su color a anaranjado. La tasa de coloración depende de la temperatura. Los frutos que están a la sombra requieren más días para madurar, pero son ligeramente más grandes.

Dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO₂) es esencial para el crecimiento de las plántulas de tomate, una falta de CO₂ puede reducir considerablemente la producción. Cuando se usa CO₂ enriquecido, las plantas pueden incrementar entre un 20 y 30% su producción, así como acelerar la floración.

Una forma de enriquecer el CO₂ es utilizar generadores especialmente diseñados, son hornillas de gas natural o propano, enganchadas en los sensores. En los cultivos comerciales grandes se utilizan a menudo los humos de un gas natural ardiente de la caldera de agua caliente como fuente de CO₂, o utilizan CO₂ en botella. Es importante que el CO₂ esté libre de contaminación de gases, ya que los tomates son extremadamente sensibles a muchos gases, especialmente al etileno. Las plantas que disponen de niveles elevados de CO₂ aumentan sus requisitos de fertilizante y de agua.

Ejemplo. Los participantes deben observar directamente cada uno de los aspectos mencionados, para que puedan plantear todas sus dudas.

Circulación de aire

Una buena circulación de aire tiene muchos efectos benéficos sobre el ambiente donde se cultivan los jitomates. Entre otras cosas, refresca la temperatura, renueva el CO₂, y retira gases indeseables, tales como el etileno.

Hay diversos sistemas de ventilación, pero el que más se utiliza en el cultivo del jitomate es el tubo de ventilación, el cual está pegado a la cubierta del invernadero. Un ventilador de gran tamaño está sacando el aire, mientras que el otro mete aire al interior del invernadero.

El riego y agua de riego

En los cultivos hidropónicos no puede faltar el uso de un sistema de riego para satisfacer las necesidades de agua de las plantas y proporcionarles los nutrientes que requieren. Los sistemas de riego que se pueden utilizar, pueden ser muy simples, como uno manual con regadera, o bien muy sofisticados con controladores automáticos de dosificación de nutrientes, de pH y un programador automático de riego.

Un sistema de riego consta de un tanque para el agua y los nutrientes, tuberías de conducción de agua y goteros o aspersores (para dejar salir o aventar el agua). El tanque debe ser inerte (que no contenga sustancias contaminantes) con respecto a la solución nutritiva y de fácil limpieza, mantenimiento y desinfección. El criterio para seleccionar el tamaño varía según el cultivo, la localidad, el método de control de la solución nutritiva, etc. Cuanto más pequeño sea, más frecuentemente habrá que controlar su volumen y composición.

Uno de los sistemas que tiene más ventajas, es el riego por goteo, mediante el cual el agua se lleva hasta el pie de la planta por medio de mangueras y se vierte con goteros que la dejan salir con un caudal determinado. Mediante este sistema se aumenta la producción de los cultivos, se disminuyen los daños por salinidad, se acorta el período de crecimiento (cosechas más tempranas) y se mejoran las condiciones fitosanitarias.

En cambio en el riego por aspersión, el agua es llevada a presión por medio de tuberías y emitida mediante aspersores que simulan la lluvia.

Ejercicio. Después de ver un cultivo de jitomate con hidroponía, los participantes discutirán en parejas, la conveniencia de iniciar un proyecto con este tipo de cultivo y elegirán la variedad de jitomate a emplear.

SÍNTESIS

Para cultivar jitomate con hidroponía, hay que cuidar muchos aspectos:

- La selección de la variedad
- El tiempo del trasplante
- El rango de la temperatura
- La cantidad de luz
- El enriquecimiento del dióxido de carbono
- La circulación del aire
- El sistema usado para riego

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Es necesario cuidar la calidad del agua con la que se hace la solución nutritiva para regar el jitomate. Esta debe tener una conductividad eléctrica en su fase prematura de 5.0 mS/cm, después de 1 mes debe de tener 3.0 mS/cm y las siguientes semanas entre 2.0 y 2.5 mS/cm.

La salinidad de una solución, puede ser expresada de diferentes maneras. Una de ellas consiste en expresar la cantidad de sales disueltas en un volumen de solución. Otra forma simple y que sirve para muchos efectos, es expresar la salinidad de una solución por medio de su conductividad eléctrica.

Una solución conduce la electricidad de mejor manera, cuando es mayor su contenido en sales, esta propiedad se aprovecha para medir la cantidad de sales de una solución en función de su conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica varía con la temperatura, debido a que la solubilidad de las distintas sales en el agua es diferente, con los cambios de temperatura. Para facilitar el uso de las medidas de conductividad eléctrica, los datos se dan siempre medidos en agua a 25 °C, y hay tablas para pasar los valores de conductividad eléctrica de 25 °C a cualquier temperatura, mediante un simple factor de conversión.

Así se determina la conductividad eléctrica de una solución, pero también se usa para medir la conductividad del suelo. Para realizar esta medida, se usa un procedimiento que consiste en tomar una muestra de suelo, añadir agua destilada hasta su saturación y extraer el agua mediante succión, aplicando un filtro que no deje pasar las partículas de suelo. El agua que así se obtiene, se denomina extracto de saturación, y es una mezcla de la solución inicial del suelo con el agua destilada. Se mide la CE del extracto de saturación y el valor resultante se toma como índice de salinidad del suelo.

La conductividad eléctrica puede alterar significativamente la producción, clasificándose las especies según la pérdida de producción que tienen respecto a la conductividad eléctrica. Así tenemos cultivos con resistencia alta, media y baja. En el caso particular del jitomate su resistencia es media alta. Es más resistente a la salinidad que la lechuga.

La salinidad del sustrato, varía con el contenido de humedad del mismo, por lo que es muy importante, sobre todo si existiera algún problema de salinidad en el agua de riego, mantener un nivel de humedad alto del sustrato. Cuando el nivel de humedad del suelo desciende, como el de sales permanece constante, la conductividad eléctrica aumenta.

En cultivo hidropónico con riego localizado, es muy importante el control de salinidad, ya que se tienden a acumular las sales en el sustrato, por lo que será indispensable regar un 20 ó 25% más de lo necesario (de acuerdo con el agua usada para el riego), de forma que las sales se laven con el drenaje, además de medir la salinidad del sustrato regularmente, controlando que no supere los valores de tolerancia.

ASPECTOS A CUIDAR

El pH

El pH requerido para una óptima producción del jitomate debe estar entre 6.0 y 6.5 . Niveles de pH diferentes a los anteriores pueden obstaculizar la absorción de algunos alimentos; los niveles del pH debajo de este rango permiten la absorción excesiva de algunos alimentos, que pueden conducir a niveles tóxicos de esos elementos.

Solución nutritiva

La solución nutritiva es hecha tomando en cuenta los requerimientos de la planta y se diseña con el fin de satisfacer todas las necesidades de cualquiera de los 18 nutrientes esenciales que la planta necesita para desarrollarse correctamente en hidroponía. Existen ya productos que se consiguen fácilmente en el mercado. Una de las soluciones nutritivas más empleadas en el cultivo del jitomate en hidroponía en los EUA es la siguiente:

Nombre del químico	Fórmula Química	Gramos por 100 litros de agua
Fosfato de Amonio	NH_4PO_3	13 g
Nitrato de Potasio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	64 g
Cloruro de Calcio	$\text{CaCl}_2 - 6 \text{H}_2\text{O}$	73 g
Sulfato de Magnesio	$\text{MgSO}_4 - 7 \text{H}_2\text{O}$	34 g
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 - 7 \text{H}_2\text{O}$	2 g
Nitrato de Sodio	$\text{Na}(\text{NO}_3)$	64 g
Sulfato de Zinc	$\text{ZnSO}_4 - 7 \text{H}_2\text{O}$	0.02 g
Sulfato de Cobre	$\text{CuSO}_4 - 7 \text{H}_2\text{O}$	0.2 g
Ácido Bórico	H_2BO_3	0.01 g

Según la etapa de cultivo en que se encuentre el jitomate, deberán ser las características de la solución nutritiva aplicada. Hay que tener mucho cuidado en la concentración de cada uno de los elementos que contiene la solución. A continuación se presenta un cuadro con la concentración de macronutrientes que debe haber en la solución, según la etapa de crecimiento de la planta.

ELEMENTOS	CRECIMIENTO VEGETATIVO		FLORACIÓN		FRUCTIFICACIÓN	
	Ppm	Meq/L	Ppm	Meq/L	Ppm	Meq/L
N-NO ₃ ⁻	155	11.1	135	10.4	155	11.1
N-NH ₄ ⁺	45	3.2	35	2.5	45	3.2
H ₂ PO ₄ ⁻	40	1.3	50	1.6	55	1.8
K ⁺	200	5.1	250	6.4	350	9.0
Ca ⁺⁺	170	8.5	170	8.5	170	8.5
Mg ⁺⁺	40	3.4	40	3.4	45	3.8
SO ₄ ⁼	227	4.7	275	5.7	416	8.7
CE(mS/cm)	2.20		2.30		2.70	

En estos datos, lo que aporta el agua está incluido en las concentraciones de calcio, magnesio, azufre y boro.

En el cuadro siguiente se presentan las concentraciones de fertilizantes que se emplean para preparar 1,000 litros de solución nutritiva (1m³), para las diferentes etapas del desarrollo del jitomate.

FERTILIZANTES	CRECIMIENTO VEGETATIVO	FLORACIÓN	FRUCTIFICACIÓN
Nitrato de Potasio, 13% N 46% K ₂ O	400g	400g	400g
Nitrato de Amonio, 31% N	290g	225g	290g
Nitrato de Calcio, 16% N 27% CaO	375g	375g	375g
Fosfato Monopotásico, 52% P ₂ O ₅ 34% K ₂ O	165g	210g	230g
Sulfato de Magnesio, 16% MgO 38% SO ₄	280g	280g	330g
Sulfato de Potasio, 50% K ₂ O 18% S	--	90g	316g

Con el objeto de reforzar la nutrición de las plantas de jitomate, se recomienda aplicar una solución de nitrato de calcio (0.5g) y ácido bórico (0.3g) por litro de agua, dos veces por semana, así como una solución de micronutrientes también dos veces por semana.

Por último, el cuadro que aparece a continuación muestra ñas cantidades recomendadas de sales para preparar 1,000 litros (1m³) de solución nutritiva para cultivo de jitomate durante las tres etapas de su desarrollo.

ELEMENTO	CANTIDAD EN GRAMOS
Quelato de Hierro 6% Fe	30.0 g
Sulfato de Manganeso	4.0 g
Ácido Bórico	3.0 g
Sulfato de Zinc	1.0 g
Sulfato de Cobre	0.5 g
Molibdato de Amonio	0.13 g

Control de plagas y enfermedades

Las plagas y enfermedades en los invernaderos se tratan mediante un manejo integrado que incluye el control biológico, que son insectos que eliminan cierto tipo de plagas específicas, las cuales son las portadoras de virus que causan las enfermedades de las plantas, control físico, mecánico o cultural, plantas biocidas y control químico.

PLAGAS. Las más comunes son:

Mosca blanca. Transmite el virus del rizado amarillo del tomate conocido como “virus de la cuchara”

Trips. Transmite el virus del bronceado del tomate.

Pulgón. Forman colonias y se distribuyen mediante las hembras aladas, principalmente en primavera y otoño.

Minadores de hoja. Sus larvas se desarrollan dentro de la hoja, ocasionando las galerías o minas.

Polilla del tomate. Ataca a los brotes y los frutos.

Araña Roja. Son ácaros que producen manchas amarillentas en las hojas. Son favorecidos por las elevadas temperaturas.

ENFERMEDADES. Las más comunes son:

Oidiopsis. Son manchas amarillas en el haz que secan la hoja y la desprenden.

Pododumbre gris. Produce lesiones pardas en hojas y flores. Los frutos se ponen blandos y grises.

Mildiu. Aparecen machas irregulares y aceitosas en las hojas, en el tallo son manchas pardas que lo circundan. También ataca los frutos inmaduros.

Fusarium oxysporum. Comienza con la caída de las hojas superiores. Las inferiores amarillean y terminan por morirse. Si se realiza un corte transversal al tallo, se observa un oscurecimiento de los vasos.

Virus. Se puede cubrir el invernadero con malla para librar a las plántulas de los virus.

Cosecha

El sabor es la última prueba de un tomate hidropónico de buena calidad. Sin embargo, hay otros factores que determinan calidad total: el color, la textura, la firmeza, la vida útil, y los niveles de nutrientes. Todos son indicadores importantes de la calidad. El factor más importante de todas estas características (especialmente el sabor) es el “maquillaje genético de la planta”, y es por ello que una selección cuidadosa de la variedad a cultivar es absolutamente necesaria.

La producción puede variar entre 200 a 700 toneladas por hectárea dependiendo de las condiciones que se le den a la plántula, (un dato importante es que el rendimiento promedio de jitomate en un cultivo al aire libre, anda entre 30 y 50 toneladas por hectárea).

SÍNTESIS

- La conductividad eléctrica es la expresión de la cantidad de sales que hay disueltas en un volumen de solución.
- También puede aplicarse a la cantidad de sales que retiene un sustrato.
- Las plantas tienen diferentes resistencias a la salinidad del ambiente donde se desarrollan.
- La resistencia de la planta de jitomate es media alta, por eso hay que vigilar la cantidad de sales del sustrato en que se encuentra y de la solución nutriente que recibe.
- En el cultivo de jitomate el pH debe andar entre 6.0 y 6.5.
- Las soluciones nutritivas se pueden conseguir ya preparadas en el mercado.
- También hay que cuidar aspectos como la polinización y el control de plagas.

COMPONENTES DE LOS SISTEMAS HIDROPÓNICOS

Los principales componentes de los sistemas hidropónicos son, la solución nutritiva (SN) y el sustrato.

La (SN) consta de agua con oxígeno y todos los nutrimentos disueltos. La SN generalmente consta de seis macronutrimentos (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, $P-H_2PO_4^-$ y $S-SO_4^{2-}$) y siete micronutrimentos (Fe, Mn, Mo, Cu, Zn, B y Cl).

El sustrato o medio de crecimiento es el otro componente que tiene la función de proporcionar las condiciones para que las plantas se sostengan, absorban el agua y los nutrimentos, impidan el paso de la luz hacia el sistema radical y permitan el intercambio de gases con las raíces.

La técnica de la película nutritiva (NFT) fue desarrollada en los últimos años de los sesentas por el Dr. Allan Cooper, en el Instituto de Investigación de Cultivos en Invernadero, en Littlehampton, Inglaterra. La expresión “película nutritiva” fue utilizada para remarcar que la profundidad del flujo del líquido que pasa a través de las raíces de las plantas debe ser muy pequeña (como una lámina o película delgada), para que de esta forma siempre pudieran disponer del oxígeno necesario.

El principio básico de la NFT es la recirculación de una capa delgada de SN, que pasa por las raíces desnudas de las plantas en crecimiento, para proporcionar agua, nutrimentos y oxígeno. La SN es bombeada desde cada canal, de donde fluye por gravedad pasando por las raíces de las plantas, hasta alcanzar las tuberías que la llevan al tanque de almacenamiento.

FACTORES A CONSIDERAR EN LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS CON NFT

a) **Calidad del agua.** Es importante analizar el suministro de agua, la cual puede provenir de lluvia o ser potable. Cuando el agua es dura, se requiere bajar su pH a 6, utilizando ácido extra (HNO_3 o H_3PO_4).

b) **La temperatura.** Una característica de la NFT, es la facilidad con la que la temperatura de la raíz puede ser manipulada para satisfacer los requerimientos de los cultivos. Es importante mantener las soluciones entre 13 y 15 °C con el fin de prevenir una absorción reducida de nutrimentos.

c) **El pH.** En general, la absorción máxima de un ión ocurre entre pH 5 y 7. Normalmente se mantiene el pH entre 5.5 y 6.5, para la mayoría de los cultivos en invernadero. El ajuste del pH puede lograrse agregando ácido nítrico o fosfórico, o una mezcla de ambos. Por ejemplo, hay cultivadores que indican que en un cultivo de jitomate mantuvieron el pH de la SN en 5.5 con la adición de ácido nítrico o hidróxido de sodio.

d) **La conductividad eléctrica (CE).** Los niveles de sales de 2.5 a 3.5 mmho cm^{-1} son preferidos para cultivos como el jitomate. Cuando los niveles de sales están por arriba de 4 mmho cm^{-1} pueden

dar lugar a un marchitamiento, detener el desarrollo y desecar los frutos.

e) **La longitud del canal.** Un máximo de 20 m de longitud es generalmente recomendado, se considera que la longitud no debe superar los 20 a 25 m.

f) **La anchura del canal.** Para cultivos como jitomate, la anchura es generalmente de 25 a 30 cm; sin embargo hay cultivadores que señalan que pueden usarse canales más estrechos, de 15 cm, sin afectar los rendimientos de jitomate.

g) **La pendiente del canal.** Para asegurar las condiciones convenientes en la zona de las raíces, el canal deberá tener una pendiente que permita a la solución fluir a lo largo del mismo. En general, pendientes entre 1.5 y 2 % parecen convenientes y las menores de 1 % deberán evitarse.

h) **El oxígeno en la solución nutritiva.** Las depresiones en el piso del canal pueden inmovilizar la SN y conducir a una disminución de oxígeno. La temperatura de la SN tiene relación directa con la cantidad de oxígeno consumido por la planta es decir, que cuando la temperatura es menor de 22 °C el oxígeno disuelto es suficiente para abastecer la demanda. En cambio a temperaturas mayores de 22 °C, la gran demanda de oxígeno no es satisfecha por la SN.

La concentración de oxígeno disuelto en la SN también depende de la demanda de oxígeno por las plantas; en la medida que aumenta el número de ellas, aumenta el requerimiento de oxígeno.

Ejemplo. Los participantes deberán observar un cultivo con sistema NFT directamente o bien por otros medios.

SÍNTESIS

- Los componentes de los sistemas hidropónicos son: la solución nutriente y el sustrato.

Los factores a considerar al aplicar el sistema NFT son:

- La calidad del agua
- La temperatura

- El pH
- La conductividad eléctrica
- La longitud del canal
- La anchura del canal
- La pendiente del canal, y
- El oxígeno en la SN

Ejercicio. Hacer la preparación de una SN para ser aplicada al cultivo de jitomate.

INVERNADEROS

El uso de invernaderos, para este tipo de cultivos está aumentando cada vez más en el mundo. La principal razón para la construcción de estructuras de invernaderos es la posibilidad de cultivar de plantas fuera de estación. Debido a que los factores que más influyen en el desarrollo del cultivo se pueden controlar dentro del invernadero se puede llevar un control riguroso del medio que rodea a un cultivo, incrementando así la productividad enormemente.

En el diseño del invernadero, el cálculo de su estructura es fundamental, ya que sus efectos sobre varios factores ambientales son definitivos, particularmente la temperatura, la luz, el dióxido de carbono y la humedad. Los forma en que se disponga los componentes estructurales, además del tamaño y la orientación, influyen en la cantidad de sombra generada dentro del invernadero.

Diseño de los invernaderos:

La cubierta o protección “del invernadero ideal” debe cumplir con lo siguiente:

1. Transmitir la porción ligera visible del espectro solar de la radiación, ya que es la única porción utilizada por las plantas para la fotosíntesis.
2. Absorber la pequeña cantidad de radiación ultravioleta en el espectro y convertirla en luz visible, útil a las plantas.
3. Reflejar o absorber la radiación infrarroja, que las plantas no pueden utilizar y que causa sobre calentamiento del invernadero.

4. Reducir al mínimo los costes, y tener una vida útil de por lo menos 10 a 20 años.

Hay muchos factores a considerar en la determinación del espacio que se necesitará para construir un invernadero. El monto del capital de inversión, la necesidad de entrenamiento, el tipo de negocio, los requisitos ambientales y de mercado, hasta las preferencias personales, todo debe ser evaluado. También son muy importantes otros factores como elegir un buen sitio para levantar el edificio, que cuente con drenaje, accesibilidad, disponibilidad y cantidad de exposición al sol.

Tipos de cubiertas utilizados en los invernaderos:

- Cristal. Es inflexible, pesado, y costoso.
- La hoja del polietileno. Es fácil de trabajar y barata. Es la más utilizada, en invernaderos plásticos se siembran cosechas hortícolas del alto valor.
- PVC (polivinil de cloro). Tiene la característica de que crea una temperatura del aire levemente más alta durante la noche. La desventaja del PVC es su anchura que resulta estrecha con respecto al PE (poliestireno).
- Poliestireno (PE): Este material es más barato que el cristal y proporciona aproximadamente del 30 al 40% de ahorros en el calor durante invierno.

Ejemplo. Los participantes deberán observar diversos tipos de invernaderos directamente o a través de fotografías.

Cuando ya se ha probado un proyecto de cultivo hidropónico en pequeño y se han obtenido buenos resultados, es conveniente pensar en la posibilidad de hacer un invernadero para ampliar la producción.

Ejercicio. En grupos de tres participantes, comentar cuál sería un buen lugar para poner un invernadero en su región y discutir sus posibles dimensiones y tipo de cubierta.

SÍNTESIS

Es muy importante un buen diseño del invernadero para cuidar todos los factores que afectan la producción del cultivo.

Lo más importante es el tipo de cubierta que se utilice.

CONCLUSIONES DEL CURSO

- El sistema de cultivo llamado hidroponía propone desarrollar las plantas sin tierra.
- No es un sistema más fácil, ni requiere menos trabajo del cultivador, pero tiene muchas otras ventajas.
- En todo el mundo cada día se extiende más la aplicación de la hidroponía y con ello la tecnología para aplicarla se enriquece cada vez más.
- Los cultivos de hortalizas en invernadero con hidroponía dan excelentes resultados.
- El jitomate es uno de los cultivos que en los sistemas hidropónicos ofrece mejores perspectivas.
- Si se considera todos los factores que intervienen y se cuidan todos los aspectos que requiere el cultivo de jitomate, se puede lograr un proyecto viable y productivo.
- Es mejor iniciar con un proyecto en pequeño, no muy ambicioso y después cuando ya se tenga experiencia, ampliar el proyecto hasta hacer un invernadero.
- La hidroponía es una excelente alternativa para mejorar la producción de los cultivos en las regiones con escasez de agua, con problemas de empobrecimiento de tierras y con límites de espacio para la producción.

- Se requiere de una capacitación especializada para emprender un proyecto de hidroponía con resultados exitosos.
- La hidroponía permite controlar todos los factores que intervienen para lograr productos de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

CANOVAS, F.; DÍAZ, J.R. 1993. Cultivos Sin suelo. Curso Superior de Especialización. Ed. Instituto de Estudios Almerienses. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería. Almería.

CANOVAS, F.; MAGNA, J.J.; BOUKHALFA, A. Cultivos sin suelo. Hidroponía. En Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos del Sureste español. Ed. Instituto de la Caja Rural de Almería. Almería.

FERNÁNDEZ, M.M.; AGUILAR, M.I.; CARRIQUE J.R.; TORTOSA, J.; GARCÍA, C.; LÓPEZ, M.; PÉREZ, J.M. 1998. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.

LLURBA, M. 1997. Parámetros a tener en cuenta en los sustratos. Revista Horticultura Nº 125 - Diciembre 1997.

MAROTO, J.V. 1990. Elementos de Horticultura General. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

MARTÍNEZ, E; GARCÍA, M. Cultivos sin suelo: hortalizas en clima mediterráneo. Ed Horticultura. Madrid.

SADE, A. 1997. Cultivos bajo condiciones forzadas. Nociones generales. Ed. Hazera España 90, S.A. Tel Aviv. Israel.

TERRES, V.; ARTETXE, A.; BEUNZA, A. 1997. Caracterización física de los sustratos de cultivo. Revista Horticultura Nº 125 - Diciembre 1997.

URRESTARAZU, M. 1997. Manual De Cultivo Sin Suelo. Ed. Servicio de Publicaciones Universidad de Almería. Almería.