

7

Cultivo en grava

7.1. Introducción

El cultivo en grava fue la técnica hidropónica más ampliamente utilizada desde los años 40 a los 60. A finales de los años 60 y principios de los 70, la empresa Hydroculture, cerca de Phoenix, Arizona, tenía casi 20 acres de invernaderos con cultivo en grava. Un gran número de pequeños invernaderos comerciales, a lo largo de los Estados Unidos, utilizaban el cultivo en grava, pues este cultivo estaba bien documentado y varias empresas, tales como Hydroculture, vendían paquetes «mom & pop» a las personas interesadas en instalar sus propios invernaderos hidropónicos.

W. F. Gerickie introdujo comercialmente los cultivos hidropónicos que utilizaban el cultivo en grava. Como ya se indicó en el capítulo 1, la mayoría de las instalaciones se efectuaron al aire libre durante la Segunda Guerra Mundial en islas no cultivables. Estos cultivos son todavía útiles en las zonas que tienen gran abundancia de rocas volcánicas, tal como ocurre en las islas Canarias y en Hawái. Hoy día, están más ampliamente aceptados los cultivos NFT y los cultivos en lana de roca y en perlita, pues tienen propiedades más consistentes, son más fáciles de esterilizar después de cada cosecha y son menos laboriosos de manejar, mantener y gestionar.

7.2. Características del medio

En el capítulo 4 han sido ya consideradas algunas de las características generales que deberán tener los medios utilizados con esta clase de técnica. Al elegir la grava más indicada para un sistema de subirrigación deberemos procurar que ésta esté formada por granito molido cuyas partículas tengan un diámetro que oscile entre 1/16 de pulgada (1,6 mm) las más finas a 3/4 de pulgada (1,9 cm) las mayores. La medida del volumen total de partículas debería tener aproximadamente media pulgada (1,3 cm) de diámetro. Las partículas deberán ser lo suficientemente fuertes como para no partirse con facilidad, a la vez que capaces de retener suficiente humedad en sus espacios vacíos, y también disponer de un buen drenaje que permita una adecuada aireación de las raíces.

Para evitar la elevación del pH deberá procurarse que las partículas no sean de material calcáreo. En caso de que solamente podamos disponer de dicho material calcáreo, habremos de tener mucho cuidado con la cantidad de calcio y magnesio que se apporte en la solución de nutrientes, debiendo ajustar ésta según los niveles de estos elementos que sean suministrados por las partículas en la solución de nutrientes. El carbonato de cal que se encuentra en los agregados calcáreos, como, por ejemplo, en la piedra caliza y en las gravas coralíferas, reacciona con los fosfatos solubles de la solución de nutrientes produciendo los fosfatos bि y tricálcicos que son insolubles. Este proceso continúa hasta que la superficie de las partículas del agregado calcáreo están cubiertas con los fosfatos insolubles. Cuando están completamente cubiertas, la reacción se reduce hasta el punto en que el porcentaje de disminución de los fosfatos en la solución de nutrientes es tan bajo que podemos considerar ya como estables los niveles de fosfato.

Los agregados aún no utilizados que contengan más de un 10 por 100 de materiales solubles en ácido, calculados como carbonato cálcico, deberían de tratarse antes de ser utilizados con fosfatos solubles para de esta forma cubrir las partículas con fosfatos insolubles (Withrow y Withrow, 1948). El agregado deberá ser tratado con una solución de 500 a 5.000 gramos de superfosfato triple por 1.000 litros, o 5 a 50 libras por 1.000 galones. La grava obtenida de esta forma deberá lavarse durante varias horas. El pH de la solución se irá elevando conforme decrezca el contenido en fosfatos. Si la concentración de fosfatos se sitúa por debajo de 300 ppm (100 ppm de P), después de una o dos horas de lavado, dicha solución debería ser conducida al depósito de almacenamiento y recibir un segundo aporte de fosfato, antes de ser bombeada en las bancadas. Todo esto deberá repetirse hasta que el nivel de fosfato permanezca por encima de 100 ppm (30 ppm de P) después de varias horas de contacto con la grava. Cuando esto ocurra, significará que todas las partículas de los carbonatos están ya cubiertas con los fosfatos. El pH de la solución será en este momento de 6,8 o incluso inferior. A continuación, deberemos sacar del depósito de almacenamiento la solución de fosfatos y llenar éste con agua fresca. Antes de efectuar la plantación en las bancadas deberemos lavar éstas varias veces con agua fresca, procurando cambiar dicha agua después de cada lavado.

Cuando después de algún tiempo el pH comience a elevarse conforme los fosfatos se vayan diluyendo, el carbonato de calcio quedará libre en la superficie del agregado. En estos momentos deberá volver a repetirse el tratamiento con fosfatos.

Schwarz y Vaadia (1969) han demostrado que los pretratamientos o lavados de la grava nunca evitarán las clorosis inducidas por la cal. El elevado pH de la grava calcárea hace también muy difícil la absorción del hierro por las plantas. Víctor (1973) encontró que el aporte diario de fósforo y hierro en el porcentaje de 50 mililitros en el ácido fosfórico y 12 gramos de quelato de hierro (FeEDTA) cada 1.000 galones (3.785 litros) de la solución de nutrientes evita la aparición de la clorosis inducida por la cal en las plantas de tomate.

La pizarra tratada a altas temperaturas, «Haydite» o «Herculite», que se puede encontrar en el mercado con una gran diversidad de tamaños en sus partículas, suele utilizarse a menudo en las pequeñas unidades hidropónicas. Es un material poroso que ha dado en muchos casos muy buenos resultados; no obstante, después de un uso continuado, la absorción de las sales fertilizantes por la superficie de las partículas puede dar lugar a dificultades. Las sales que han sufrido este proceso no son fáciles de lavar por medio del lavado. La esterilización del medio entre dos cosechas suele ser bastante difi-

arse que las partículas no sean de disponer de dicho material calcáreo de calcio y magnesio que se está según los niveles de estos elementos en la solución de nutrientes. El carbonato, como, por ejemplo, en la pieza fosfatos solubles de la solución que son insolubles. Este proceso agregado calcáreo están cubiertas parcialmente cubiertas, la reacción de los fosfatos en la solución ya como estables los niveles de

as de un 10 por 100 de materiales, deberían de tratarse antes de ser cubrir las partículas con fosfatos deberá ser tratado con una solución 0 litros, o 5 a 50 libras por 1.000 se durante varias horas. El pH de en fosfatos. Si la concentración (ppm de P), después de una o dos al depósito de almacenamiento y beada en las bancadas. Todo esto excede por encima de 100 ppm (30 grava. Cuando esto ocurra, significa ya cubiertas con los fosfatos. El inferior. A continuación, debe lavar de fosfatos y llenar éste con bancadas deberemos lavar éstas a agua después de cada lavado. a elevarse conforme los fosfatos se en la superficie del agregado. ento con fosfatos.

pretratamientos o lavados de la elevado pH de la grava calcárea por las plantas. Víctor (1973) porcentaje de 50 mililitros en el EDTA) cada 1.000 galones (3.785 la clorosis inducida por la cal en

» o «Herculite», que se puede dañar en sus partículas, suele ácidas. Es un material poroso que constante, después de un uso continuado de las partículas puede dar ceso no son fáciles de lavar por cosechas suele ser bastante difi-

cultosa, puesto que las raíces de las plantas tienden a alojarse en los pequeños poros de esta superficie rocosa, siendo también un gran problema en la utilización de este material la facilidad con que suele romperse en pequeños trozos que forman una fina arena que suele obstruir las tuberías.

Si se utiliza para el suministro de nutrientes un sistema de tubos capilares en vez de la subirrigación, deberá también utilizarse un medio más fino. El diámetro de las partículas de grava deberá oscilar entre 1/8 y 3/8 de pulgada (3 – 10 mm), debiendo tener un diámetro medio de 3/16-1/4 pulgadas (5 – 6 mm), la mitad del volumen total de las partículas de grava. Es importante que nunca aparezcan ni partículas mayores de 3/8 de pulgada (10 mm) ni tampoco barro. La grava de haydite es particularmente apta para un sistema de este tipo, puesto que la acción capilar mueve lateralmente la solución de nutrientes, llevándola alrededor del sistema capilar de las plantas; no obstante, conforme dichas raíces van creciendo lateralmente, acaban por interceptar a su vez el agua y causar un flujo lateral.

7.3. Cultivo en grava por subirrigación

Casi todos los cultivos en grava utilizan un sistema de subirrigación. Esto es, el agua se bombea en las bancadas y fluye entonces algunas pulgadas por encima de la superficie, drenando a continuación hacia el depósito de nutrientes. Este tipo de sistema suele denominarse «cerrado» o «reciclado», puesto que la misma solución de nutrientes es utilizada en cada ciclo de bombeo durante un período de dos a seis semanas. Después de este período suele completarse la solución, o bien cambiarse por una nueva.

La frecuencia y duración de los ciclos de riego son muy importantes de cara al éxito del sistema. Cada ciclo de riego deberá proveer agua, nutrientes y aireación adecuada para las raíces de las plantas.

7.3.1. Frecuencia de los riegos

La frecuencia mínima de los riegos dependerá de:

1. El tamaño de las partículas del agregado.
2. La superficie de las partículas del agregado.
3. La naturaleza de la cosecha.
4. El tamaño de la cosecha.
5. Los factores climáticos.
6. La hora del día.

Agregados lisos de forma regular y relativamente gran tamaño deberán regarse más frecuentemente que los porosos con forma irregular y finos, puesto que estos últimos tienen una mayor superficie. Las cosechas de porte elevado y con frutos necesitarán más frecuentemente los riesgos que las más bajas y con mayor superficie foliar, como por ejemplo las lechugas, ya que debido a su mayor superficie tienen más pérdidas por evapotranspiración. El tiempo seco y caluroso dará lugar a una rápida evaporación y, por tanto, será precisa una mayor frecuencia de los riegos. Al mediodía, cuando la intensidad de la luz y temperatura es más elevada, deberá reducirse el período entre los ciclos de riego.

Para la mayoría de las cosechas, el medio deberá regarse por lo menos de tres a cuatro veces por día durante los meses del invierno, mientras que en verano será nece-

sario a menudo el regar al menos una vez por hora durante el día. El bombeo durante la noche no será necesario. En las zonas templadas, los riegos de la temporada de verano deberían efectuarse desde las 6:00 AM a 7:00 PM, mientras que durante el invierno deberían tener lugar desde las 8:00 AM a las 4:00 PM.

Las plantas absorben el agua de la solución de nutrientes mucho más rápidamente que los elementos inorgánicos. Esto tiene como resultado el que el film de solución de nutrientes que fluye en el agregado se vaya concentrando cada vez más en sales inorgánicas conforme la absorción va teniendo lugar. Esta concentración de la solución de nutrientes se irá haciendo mayor conforme la transpiración de las plantas vaya aumentando y, por tanto, se eleve la absorción de agua. Incrementando el número de los ciclos de riego, se puede compensar una demanda elevada de agua por las plantas, y conseguir también de esta forma que el contenido de ésta en los espacios vacíos de la grava pueda mantenerse a un nivel óptimo. De esta forma, la solución de nutrientes no se concentrará demasiado entre los ciclos de riego. Es también necesario el regar frecuentemente para que el film de solución de nutrientes que se encuentra sobre las partículas de grava que están en contacto con las raíces no disminuya su contenido en nutrientes entre cada dos riegos.

Inmediatamente después de cada riego, la solución de nutrientes en la grava tiene aproximadamente la misma composición que la solución que se encuentra en el tanque de almacenamiento. A causa del proceso de absorción, la composición de la solución de nutrientes en las bancadas va cambiando continuamente, incluyendo la proporción de los diversos iones, la concentración de la solución y el pH. Si la frecuencia de los riegos no es suficiente, puede desarrollarse una deficiencia de nutrientes, incluso cuando exista una adecuada cantidad de éstos en la solución del depósito de almacenamiento. Si el agregado no contiene una gran proporción de partículas finas, los riegos frecuentes causarán problemas de aireación siempre que las bancadas se drenen por completo entre cada dos riegos, y que el período de bombeo no sea suficientemente largo. Mientras más a menudo se rieguen las bancadas, más cerca estaremos de conseguir que la composición de la solución en el agregado se aproxime a la solución en el depósito de reserva.

7.3.2. Velocidad de bombeo y drenaje

La velocidad de bombeo y drenaje de la solución de nutrientes en la grava determinará la aireación del sistema radicular de las plantas. Las raíces necesitan del oxígeno para poder efectuar su respiración, la cual a su vez suministra la energía necesaria para la absorción del agua y de los iones de nutrientes. La insuficiencia de oxígeno alrededor de las raíces retarda su crecimiento e incluso les produce la muerte, lo cual da como resultado un daño para las plantas, reduciendo la cosecha e incluso motivando también su muerte.

En un sistema por subirrigación, conforme la grava se va llenando con la solución de nutrientes de abajo a arriba, ésta empujará aire hacia fuera, el cual tendrá un contenido relativamente bajo de oxígeno y alto en dióxido de carbono. Entonces, conforme la solución de nutrientes vaya fluyendo fuera de la grava, irá succionando aire dentro de ésta, el cual tendrá un contenido relativamente elevado de oxígeno y bajo en dióxido de carbono. Conforme mayor sea la velocidad de movimiento de la solución en el medio, mayor será la velocidad de desplazamiento del aire. Así, pues, como el oxígeno es poco soluble en el agua, podríamos reducir el período durante el cual el suministro de oxí-

urante el día. El bombeo durante la riego de la temporada de verano mientras que durante el invierno.

nutrientes mucho más rápidamente daltado el que el film de solución de ando cada vez más en sales inorgá- a concentración de la solución de aración de las plantas vaya aument- entando el número de los ciclos e agua por las plantas, y conseguir espacios vacíos de la grava pueda ucción de nutrientes no se concen- necesario el regar frecuentemente entra sobre las partículas de grava contenido en nutrientes entre cada

ón de nutrientes en la grava tiene que se encuentra en el tanque , la composición de la solución de nte, incluyendo la proporción de pH. Si la frecuencia de los riegos a de nutrientes, incluso cuando del depósito de almacenamiento. tículas finas, los riegos frecuentes ancadas se drenen por completo sea suficientemente largo. Mien- ca estaremos de conseguir que la e a la solución en el depósito de

de nutrientes en la grava determi- Las raíces necesitan del oxígeno ministra la energía necesaria para su insuficiencia de oxígeno alrededor induce la muerte, lo cual da como echa e incluso motivando también

a se va llenando con la solución fuera, el cual tendrá un conte- e carbono. Entonces, conforme la irá succionando aire dentro de de oxígeno y bajo en dióxido de nento de la solución en el medio, á, pues, como el oxígeno es poco nte el cual el suministro de oxí-

geno a las plantas es muy bajo a causa de la libre circulación del agua en la grava, por medio de un aumento en la velocidad de llenado y drenaje de las bancadas.

Este factor de aireación está también relacionado con la frecuencia de bombeo. Cuando la frecuencia de la circulación del agua en la grava es muy elevada, los huecos (espacios de aire entre las partículas) se llenarán más fácilmente con agua que con aire húmedo, reduciéndose la concentración de oxígeno alrededor de las raíces.

Generalmente, puede considerarse aceptable un período de diez a quince minutos de llenado y drenaje, respectivamente, o bien una duración total de veinte a treinta minutos. Al ser deseable el mantener una capa de humedad sobre las partículas de grava, deberemos procurar, al efectuar el drenaje, que éste no sea excesivo. La formación en el fondo de las bancadas de una capa de sedimentos de la solución de nutrientes da como resultado un pobre crecimiento de las plantas. La rapidez del llenado y drenaje de las bancadas puede ser favorecida aumentando el diámetro de las tuberías colocadas en el fondo de éstas. En resumen, un ciclo asociado de riego deberá: a) llenar las bancadas rápidamente; b) drenar éstas rápidamente, y c) poder extraer toda la solución de ellas.

7.3.3. Efecto de los ciclos de riego en el desarrollo de las plantas

Reduciendo el número de veces en que se efectúe el bombeo de la solución de nutrientes se disminuirá el contenido de humedad en la grava del medio. Esto repercutirá en la concentración de los iones de nutrientes contenidos en el film de agua en contacto con las partículas de grava. Conforme se aumenta la concentración osmótica de la solución de nutrientes, se irá reduciendo el poder de absorción de agua de la planta, así como su absorción de iones de nutrientes. Por consiguiente, el crecimiento de las plantas se verá retardado, produciéndose un desarrollo más firme y vigoroso de éstas.

En los invernaderos, durante los días más oscuros, nubosos y cortos del invierno, la reducción en el número de ciclos de riego mantendrá las plantas razonablemente duras y vigorosas.

7.3.4. Altura del riego

La solución de nutrientes deberá alcanzar como máximo solamente una pulgada del total del medio de cultivo. De esta forma se conserva seca la superficie de dicho agregado, evitándose el crecimiento de las algas y reduciéndose la pérdida del agua y la formación de un alto nivel de humedad en la base de las plantas. Previene esto también el crecimiento de las raíces en la zona superficial, lo cual, bajo condiciones de alta intensidad lumínica, puede dar lugar a una elevación de la temperatura que dificulte un buen crecimiento de las raíces. El nivel del nutriente en las bancadas puede regularse por medio de una instalación de tubos de desague situados en el «pleno». Estos detalles de construcción se comentan en la sección 7.3.6.

7.3.5. Temperatura de la solución de nutrientes

En el cultivo en invernadero, la temperatura de la solución de nutrientes durante la noche no deberá ser nunca inferior a la del aire del recinto. La temperatura de la solución del depósito de nutrientes puede ser elevada por medio del uso de un calentador de inmersión o bien de un cable de calefacción eléctrica. Deberemos tener cuidado de no utilizar ningún elemento de calefacción que tenga una cubierta de plomo o de zinc,

puesto que éstos pueden ser tóxicos para las plantas. El acero inoxidable o los cables cubiertos con plástico serán siempre los mejores. Las lámparas eléctricas de calefacción han sido también usadas con éxito. En muchos lugares, la temperatura del agua exterior utilizada para llenar los depósitos puede estar por debajo de los 45° a 50° F (7° a 10°C). Si los depósitos de gran tamaño necesitan ser rellenados, deberá efectuarse a última hora durante el día, después de haberse completado los últimos ciclos de riego. Esto hará que la solución pueda calentarse antes del siguiente ciclo a la mañana siguiente, pudiendo alcanzar el nivel óptimo de temperatura.

Los cables de calefacción no deberán colocarse en ningún caso en las bancadas de cultivo. Esto daría lugar a la formación de altas temperaturas alrededor de los elementos de calefacción, lo cual dañaría a las raíces.

7.3.6. Diseños de sistemas de subirrigación

Materiales de construcción. Al ser corrosivas las sales utilizadas en la solución de nutrientes, cualquier parte que fuera de metal, como las bombas, tuberías o válvulas, y que estuviera expuesta al contacto con los nutrientes, podría durar muy poco tiempo. Los materiales galvanizados pueden aportar el zinc suficiente como para que aparezcan síntomas de toxicidad en las plantas. Los materiales de cobre ofrecen el mismo problema. Deberemos, pues, utilizar depósitos de plástico no corrosivo, así como tuberías y bombas con palas del mismo tipo de material. Las bancadas pueden construirse con madera y cubrir éstas con una lámina de plástico que tenga como mínimo 6 milésimas de pulgada de espesor, aunque sería preferible el utilizar para esto vinilo de 20 milésimas de pulgada.

Durante la Segunda Guerra Mundial se utilizaron las bancadas de hormigón en la mayoría de las instalaciones comerciales. Estas tienen la ventaja de su permanencia y resistencia a la corrosión, pero su coste es más elevado que las efectuadas con cualquier otro material. Cedro o secuoya son los materiales de construcción más comúnmente utilizados y un forrado directo de éstos, así como la colocación de un substrato normal compactado en el fondo, será la forma más barata para la construcción de las bancadas.

Bancadas. Las bancadas deberán estar diseñadas de forma que suministren un rápido llenado y drenaje, dando lugar además a que este último sea completo. La utilización de una tubería de PVC de 3 pulgadas (7,6 cm) de diámetro y la configuración en forma de V de su fondo proporcionarán estas necesidades de riego (fig. 7.1). Las bancadas deberán tener una altura mínima de 24 pulgadas (61 cm), una profundidad de 12-14 pulgadas (30,5 a 35,5 cm) y una longitud máxima de 120 a 130 pies (36,5 a 40 metros). La pendiente utilizada deberá ser aproximadamente de 1 a 2 pulgadas (2,5 a 5 cm) por cada 100 pies (30,5 metros). El agua entra y drena en las bancadas a través de pequeños boquetes de 1/4 a 1/2 pulgadas (0,64 a 1,27 cm) de diámetro, o bien a través de perforaciones de 1/8 pulgada (0,32 cm) efectuados tanto los primeros como éstas en el fondo de la tubería de PVC. Estos puntos de entrada y salida están hechos cada 1 ó 2 pies (30,5 ó 61 cm) a lo largo de la totalidad de la tubería. La pendiente puede mejorarse replanteando las paredes laterales y dándole a éstas la inclinación deseada. En algunos casos los cultivadores construyen pasillos de hormigón entre cada dos bancadas. Las bancadas podrían construirse en algunos casos utilizando arena fina de río, y utilizando una plantilla podríamos dar a ésta la forma deseada (fig. 7.2); una vez que hayamos conseguido la forma y pendiente deseada, las bancadas se cubrirán con una hoja de vinilo de 20 milésimas de pulgada de espesor del tipo comúnmente utilizado para la fabricación de piscinas (fig. 7.3).

El acero inoxidable o los cables lámparas eléctricas de calefacción, la temperatura del agua exterior bajo los 45° a 50° F (7° a 10° C). Si, deberá efectuarse a última los últimos ciclos de riego. Esto entre ciclo a la mañana siguiente,

n ningún caso en las bancadas de temperaturas alrededor de los elemen-

sales utilizadas en la solución de las bombas, tuberías o válvulas, y podría durar muy poco tiempo. Los se como para que aparezcan síntesis sobre ofrecen el mismo problema. Resistivo, así como tuberías y bombas pueden construirse con madera y un mínimo 6 milésimas de pulgada de un milímetro de 20 milésimas de pulgada. las bancadas de hormigón en la la ventaja de su permanencia y que las efectuadas con cualquier instrucción más comúnmente utilización de un substrato normal la construcción de las bancadas. de forma que suministren un este último sea completo. La útil de diámetro y la configuración necesidades de riego (fig. 7.1). 24 pulgadas (61 cm), una profundidad máxima de 120 a 130 pies aproximadamente de 1 a 2 pulgadas entra y drena en las bancadas (0,64 a 1,27 cm) de diámetro (0,32 cm) efectuados tanto los $^{\circ}$ C. Estos puntos de entrada y lo largo de la totalidad de las paredes laterales y dándole a cultivadores construyen pasillos que podrían construirse en algunos mampillas podríamos dar a ésta la seguidamente la forma y pendiente de 20 milésimas de pulgada o licación de piscinas (fig. 7.3).

CULTIVO EN GRAVA

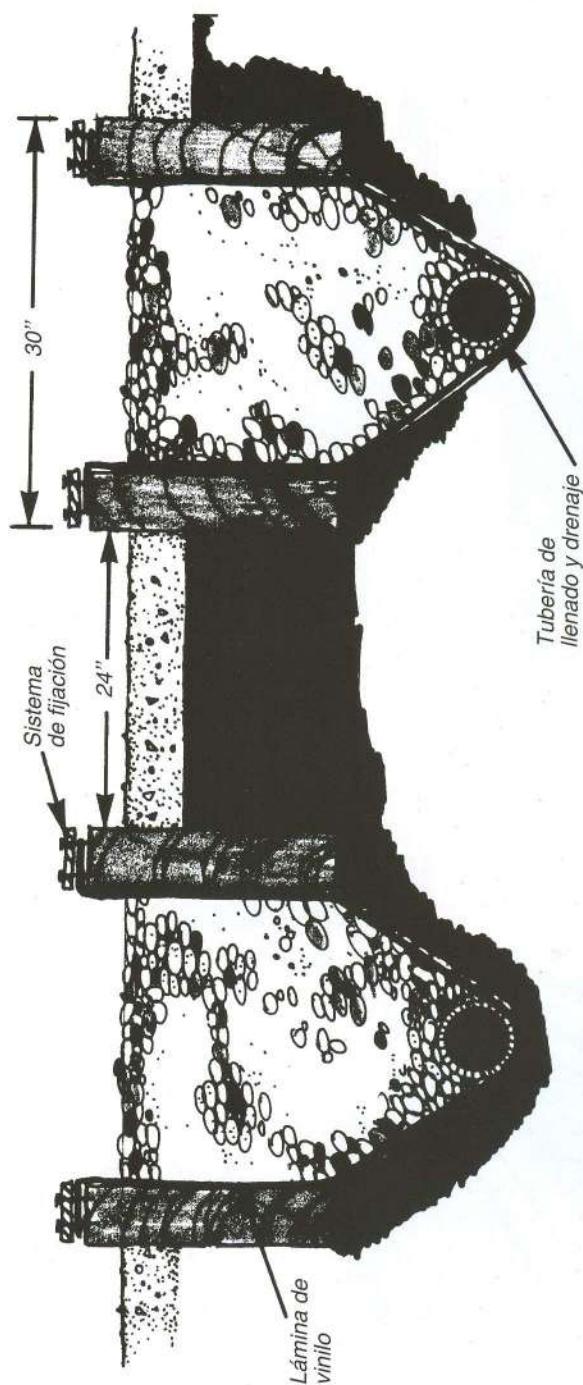


Fig. 7.1. Sección transversal de una bancada en grava con subirrigación.

CULTIVOS HIDROPONICOS



Fig. 7.2. Marcado y compactado de una bancada rellena con arena de río.

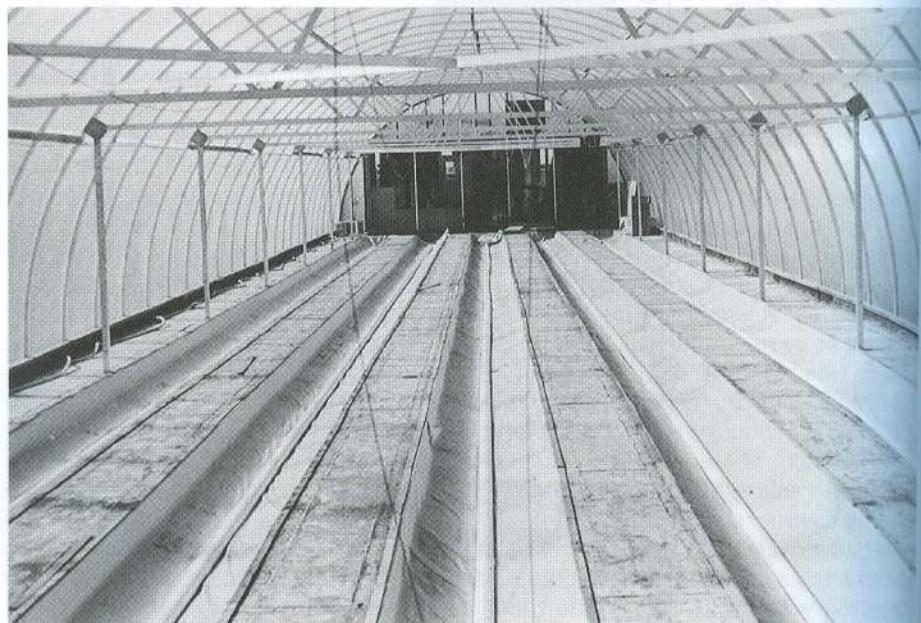


Fig. 7.3. Lámina de vinilo colocada sobre las bancadas con tuberías de drenaje de PVC situadas en el fondo.

La tubería de 3 pulgadas (7,6 cm) de diámetro de PVC se colocará entonces en el fondo de la bancada con los boquetes o perforaciones colocados hacia abajo para evitar un rápido crecimiento de las raíces en su interior. La hoja de vinilo se fijará en los laterales de la bancada, doblándola sobre las paredes de ésta, que tendrán unas 2 pulgadas (5 cm) de espesor y clavándolas a continuación a éstas con un listón de madera en toda su longitud.

La tubería de PVC hará fluir rápidamente el agua a lo largo del fondo de las bancadas y llenará y drenará éstas lateral y verticalmente en toda su longitud. Con este rápido llenado y vaciado, el aire más viejo será empujado fuera de la grava y se succionará aire fresco, como ya explicamos anteriormente.

Las bancadas deberán llenarse con grava, quedando una pulgada (2,5 cm) por debajo del borde superior en el extremo más próximo al depósito de nutrientes y 2 pulgadas (5 cm) en el extremo opuesto. Para evitar un humedecimiento irregular en la zona más próxima a la superficie durante los ciclos de riego, la grava deberá estar perfectamente nivelada. Recordemos que las bancadas pueden no estar niveladas, pero siempre mantendrá el agua un nivel; así pues, si la superficie de las bancadas estuviera muy bien nivelada, el agua, al fluir, se mantendría paralela a éstas. [Si la grava estuviera colocada por igual a 1 pulgada (2,5 cm) del borde de las bancadas a lo largo de todas éstas, si hubiésemos dispuesto una pendiente de 1 pulgada (2,5 cm), nos encontraríamos que, al efectuar el riego hasta una altura de 1 pulgada (2,5 cm) por debajo de la superficie en la parte más próxima al depósito de nutrientes, el agua se encontraría a dicha altura, pero en la parte opuesta, debido a la pendiente, tendría que quedar 2 pulgadas (5 cm) sin humedecer. Esto causaría un riego desigual de las raíces de las plantas entre uno y otro extremo. Las plantas recién trasplantadas podrían sufrir por falta de agua en el extremo opuesto al depósito debido a la insuficiente altura alcanzada por ésta en dicho punto. Si el nivel del agua fuera justo 1 pulgada (2,5 cm) por debajo de la superficie en este extremo, en el opuesto junto al depósito ésta alcanzaría la superficie y aparecerían problemas con la formación de algas].

La tubería de 3 pulgadas (7,5 cm) de PVC deberá tener un codo de 45° en el extremo opuesto al depósito, prolongándose hasta la parte superior de la grava y disponiendo de una tapa roscada que nos permita su limpieza. Normalmente, las tuberías se limpian de raíces una vez al año con una máquina rotativa que se introduce en ellas. El extremo de la tubería más próximo al depósito drenará dentro del «pleno».

Pleno. La duración del llenado y vaciado puede reducirse por medio de la utilización de un pleno, mejor que con los clásicos sistemas de cañerías conectadas a las bombas. El pleno consiste simplemente en un canal a través del cual se bombea el agua del depósito. Las tuberías de 3 pulgadas (7,5 cm) de PVC colocadas a lo largo del fondo de las bancadas tienen situados sus extremos dentro de este pleno (figs. 7.4, 7.5 y 7.6). Estas tuberías deberán estar perfectamente selladas al pleno para evitar de esta forma cualquier pérdida de agua en la parte exterior del depósito, lo que daría como resultado no solamente una pérdida en la solución de nutrientes, sino también un encarcamiento del invernadero y de la parte inferior del depósito.

Para impulsar la solución de nutrientes desde el depósito al pleno pueden ser utilizadas tanto una bomba de sumidero como una de inmersión. La bomba puede ser activada bien por un programador horario, bien por un sistema de realimentación eléctrica unido a un sensor de humedad colocado en la bancada. El nivel del agua en ésta podrá

7.2. Marcado y compactado una bancada rellena con una de río.



Una bancada rellena con una de río.

CULTIVOS HIDROPONICOS

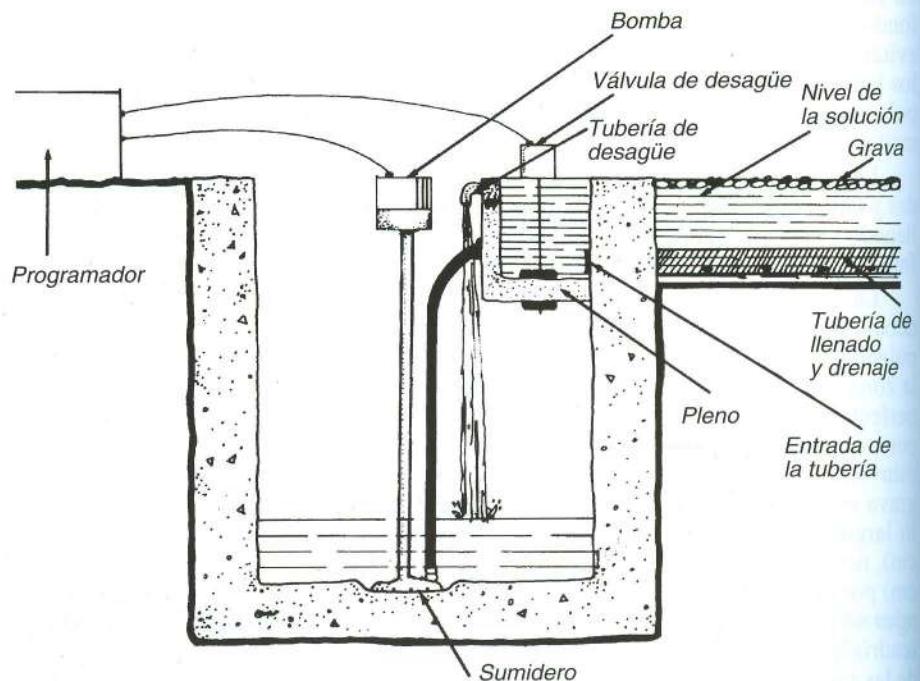


Fig. 7.4. Sección transversal del pleno y del depósito de nutrientes.

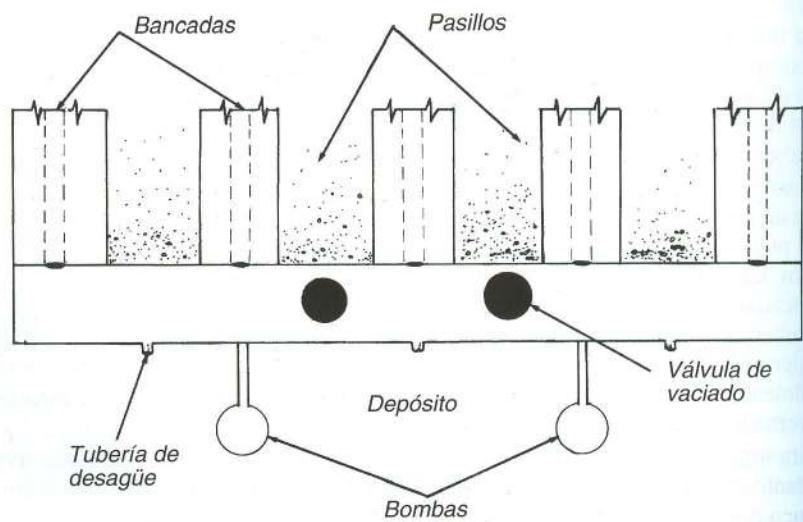
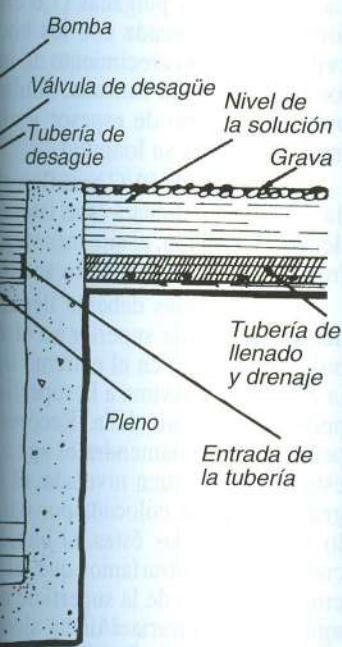


Fig. 7.5. Vista general del pleno y depósito de nutrientes.



depósito de nutrientes.



depósito de nutrientes.

regularse con una válvula de flotación situada en el pleno, de esta forma tanto el pleno como las bancadas podrán regularse hasta un nivel que corresponda a una pulgada por debajo de la superficie de ésta. Una válvula normal de fontanería activada por el mismo programador horario o sistema de realimentación cerrará los boquetes de drenaje del pleno durante el período en el que la bomba esté funcionando (fig. 7.4.). La operación es la siguiente:

1. El sensor de humedad en la bancada manda al sistema de realimentación que ponga en marcha las bombas (o bien el programador horario comienza un ciclo de riego) y activa las válvulas del pleno.
2. Las bombas están en funcionamiento; las válvulas del pleno están cerradas.
3. El pleno y las bancadas comienzan a llenarse.
4. El llenado continúa hasta que el exceso de solución cae en el depósito a través de las tuberías superiores de desagüe.
5. El período de riego ha terminado; las bancadas están llenas con la solución.
6. Las bombas se detienen, las válvulas se abren y la solución de nutrientes pasa de las bancadas al pleno y de éste al depósito, aireándose durante este proceso.
7. El ciclo completo de bombeado y drenaje deberá haberse efectuado en veinte minutos.

Depósito de nutrientes. El depósito de nutrientes deberá estar construido con un material impermeable, el hormigón armado de 4 pulgadas (10 cm) de espesor cubierto con una pintura bituminosa que le haga impermeable, ha sido hasta la fecha el material más duradero. El pleno deberá formar parte del depósito de forma que no pueda filtrar la solución entre ellos. El depósito deberá tener un volumen suficiente como para poder llenar las bancadas de grava, basándonos para su cálculo en el porcentaje de espacios vacíos que existen en ésta. Esto puede determinarse tomando una muestra de grava (aproximadamente, 1 pie cúbico) y llenando ésta con agua podremos medir después el volumen necesario para completar sus espacios vacíos. Una simple extrapolación deberá tener un volumen aproximado de un 30 a un 40 por 100 mayor que el volumen total necesario para llenar las bancadas. Por ejemplo, para cinco bancadas de 2 pies (61 cm) de ancho por 12 pulgadas (30,5 cm) de profundidad y 120 pies (36,5 metros) de longitud, será necesario un depósito de 2.000 galones imperiales (9.092 litros) (fig. 7.7).

Podría ser de interés el unir una válvula automática de flotación a la línea de llenado del depósito para de esta forma poder mantener el nivel de agua deseado. De esta forma, se podrían reemplazar inmediatamente las pérdidas de agua por evaporación que ocurrían en cada ciclo de riego. El depósito de nutrientes podría tener un pequeño sumidero en el cual estuviese colocada la bomba de forma que se pudiera drenar de forma completa y limpiar dicho depósito durante los cambios de nutrientes (fig. 7.4).

La estructura del «pleno» podría cambiarse a veces, de forma que se redujera el tamaño. Esto puede efectuarse (tal como se muestra en la fig. 7.8) dividiendo el pleno en dos partes, cada una de las cuales puede servir tres bancadas. Una válvula automática de tres vías podrá descargar alternativamente la solución de nutrientes dentro de cada uno de los plenos activando las bombas y la válvula de vaciado, y de esta forma podremos llenar tres bancadas durante cada uno de los ciclos (fig. 7.9). En estos casos

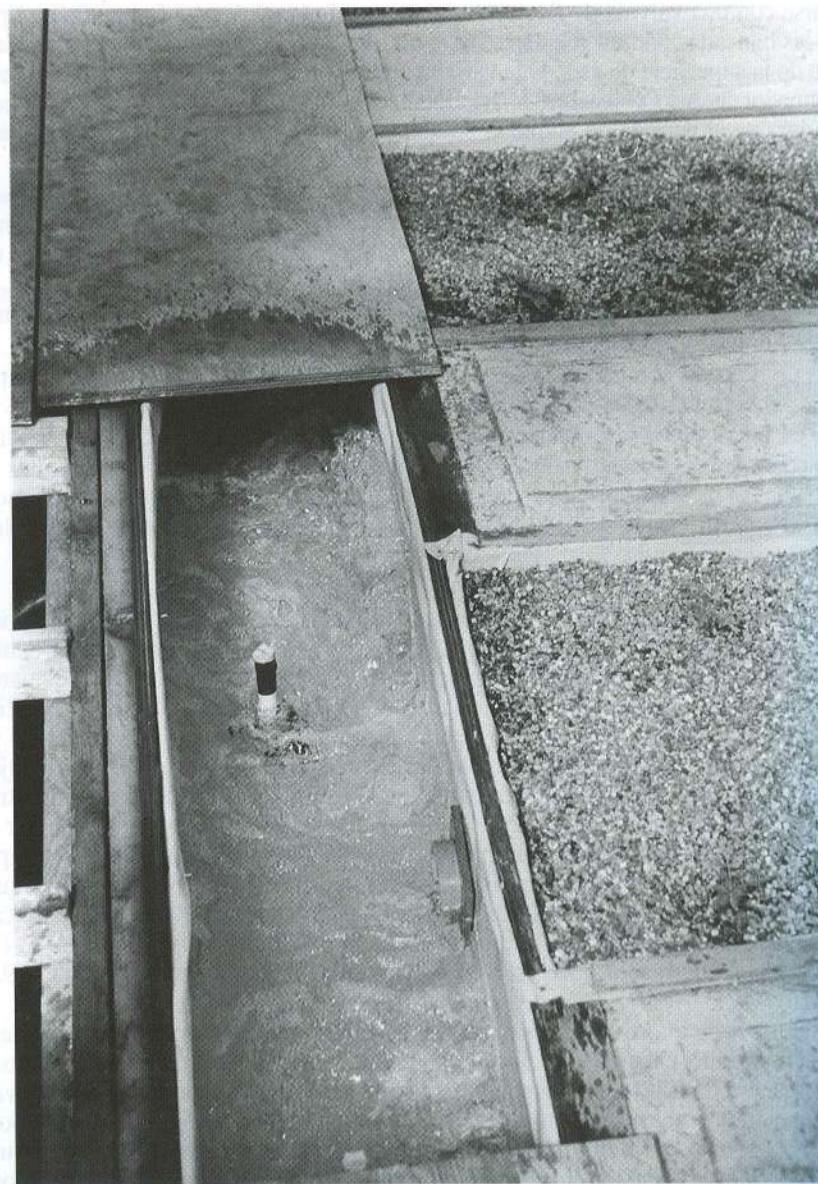
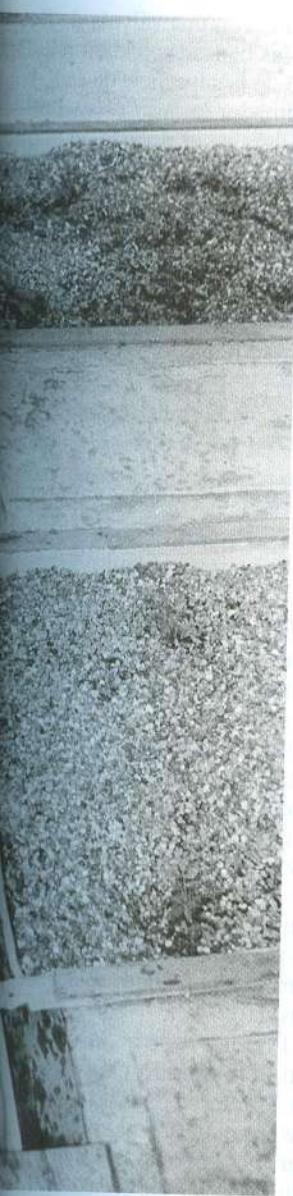


Fig. 7.6. Llegada al pleno de la tubería de drenaje de la bancada.

es preferible quizá un programador horario en vez de un sensor de humedad, puesto que los intervalos entre los ciclos de riego serán mucho más cortos que los necesitados por los plenos de mayor tamaño ya descritos.



renaje de la bancada.

n sensor de humedad, puesto que
is cortos que los necesitados por

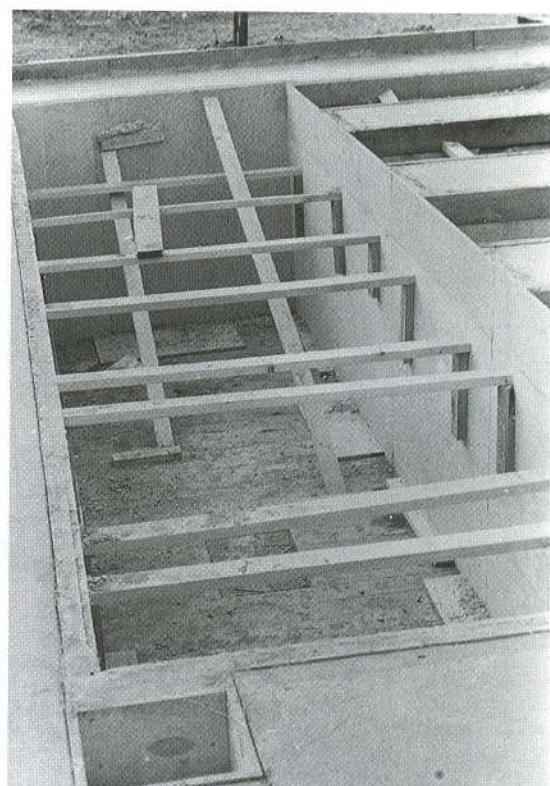


Fig. 7.7. Construcción del depósito de nutrientes.

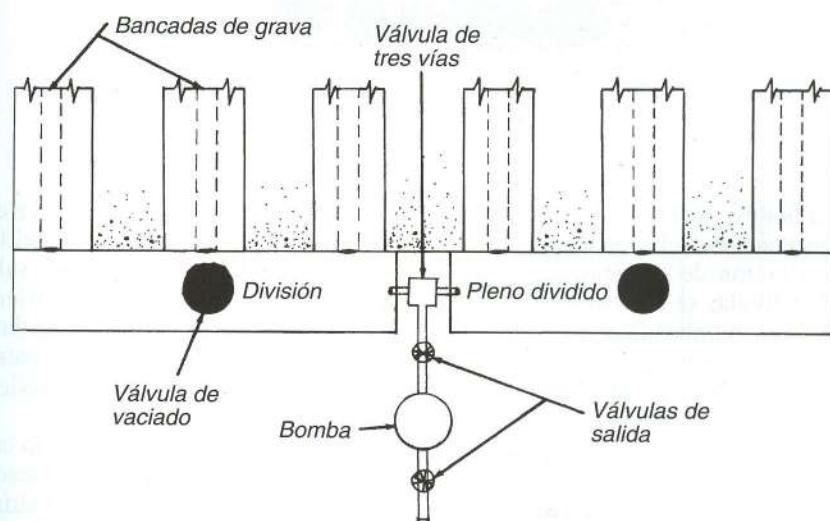


Fig. 7.8. Vista general del depósito de nutrientes con un pleno dividido.

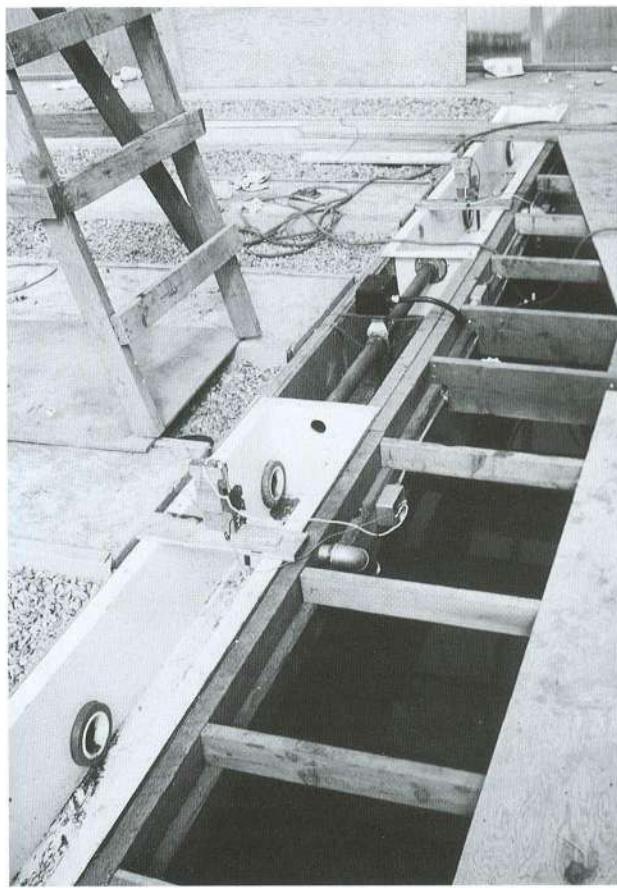


Fig. 7.9. Válvula automática de tres vías utilizada en el diseño de un pleno dividido.

La bomba podría también estar unida a una línea de descarga que a su vez estaría conectada con el sistema de drenaje exterior. El control de la dirección del flujo de la solución de nutrientes podría efectuarse por medio de válvulas de salida. Dichas válvulas se abrirían en el momento del cambio de la solución de nutrientes, siendo ésta bombeada por completo. Normalmente, durante un ciclo regular de aporte de nutrientes, esta válvula estará cerrada, mientras que la situada entre la bomba y la válvula de tres vías estará abierta. Las válvulas de tres vías son fáciles de encontrar en el comercio.

Utilizando esta división del pleno puede reducirse la capacidad del depósito casi a la mitad del volumen que sería preciso en otro que fuera capaz de llenar seis bancadas a la vez. De esta forma, un depósito de 1.200 galones imperiales (5.455 litros) podría ser utilizado fácilmente para trabajar con tres bancadas de grava de 24 pulgadas (61 cm) de ancho, 12 (30,5 cm) de profundidad y 120 pies (36,5 metros) de longitud.

CULTIVO EN GRAVA

En la figura 7.10 se muestra un diseño para un cultivo en grava que tenga seis bancadas, un pleno y un depósito de nutrientes. La figura 7.11 nos muestra un invernadero con forma de túnel capaz para seis bancadas de grava. En las figuras 7.12 a 7.14 se nos muestran cosechas de alta productividad cultivadas en un sistema de grava con subirrigación.

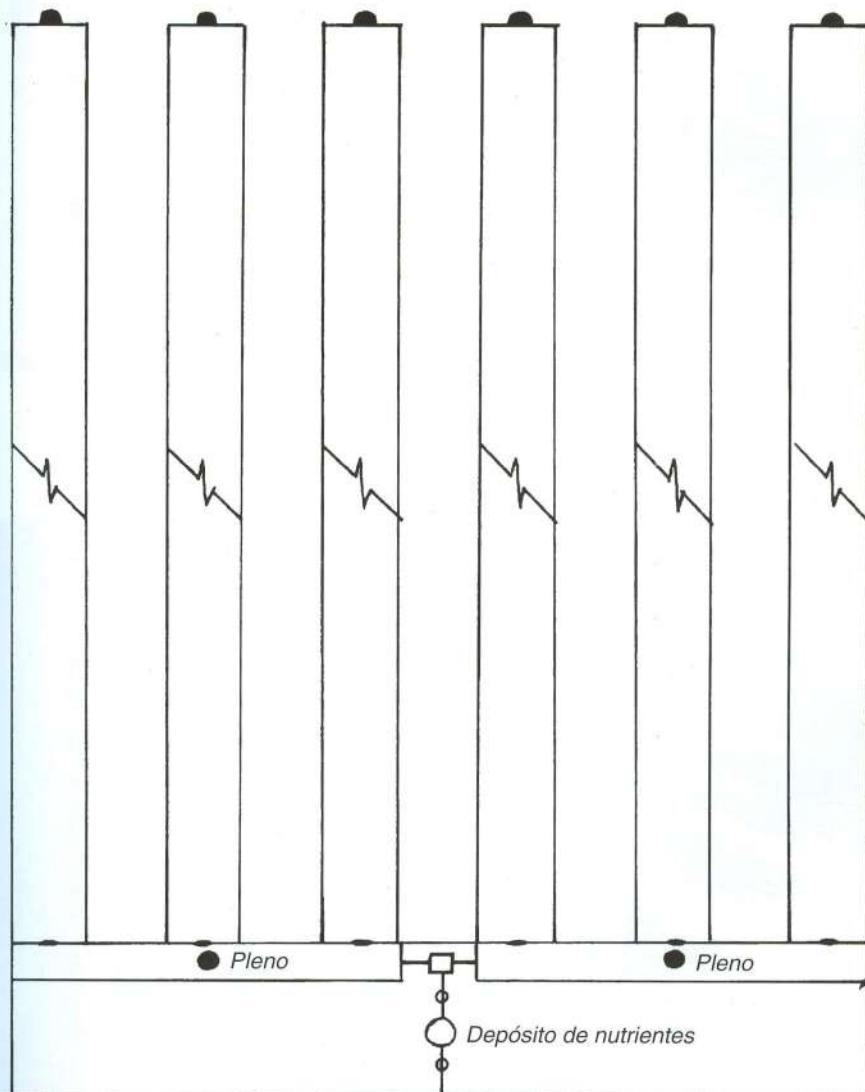


Fig. 7.10. Diseño de un invernadero con seis bancadas de grava, depósitos de nutrientes y pleno dividido.

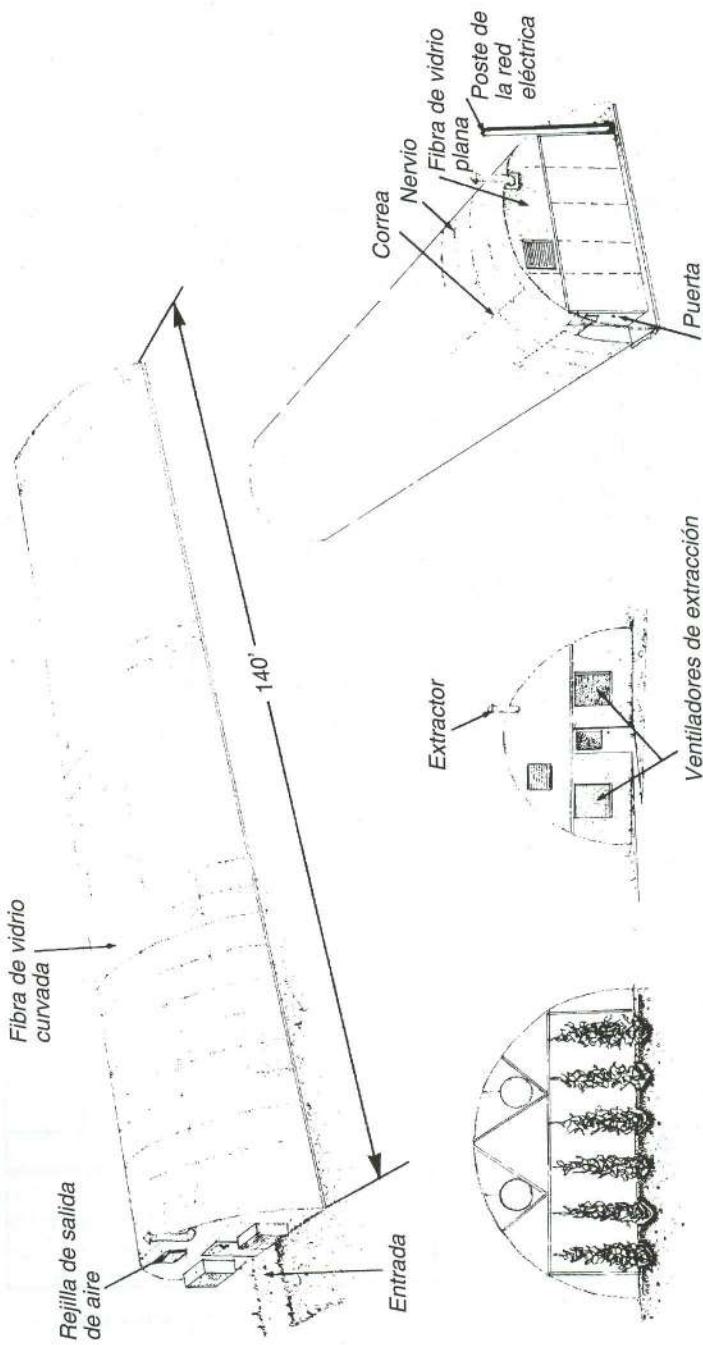


Fig. 7.11. Esquema de un invernadero con forma de túnel con un sistema de cultivo en grava con subirrigación.

CULTIVO EN GRAVA



Fig. 7.12. Tomates (unas seis semanas de edad) en un sistema de cultivo en grava con subirrigación.



Fig. 7.13. Pepinos (unas cinco semanas de edad) en un sistema de cultivo en grava con subirrigación.

CULTIVOS HIDROPONICOS



Fig. 7.14. Cultivo de tomates ya maduros listos para la cosecha.



7.4. Diseños de riego por goteo

El diseño y construcción de las bancadas con riego por goteo es semejante al de los sistemas con subirrigación, aunque puede simplificarse algunas veces tal y como se muestra en la figura 7.15. La forma del fondo de la bancada puede ser tanto redonda como en forma de «V», ya que ambas configuraciones nos darán un drenaje apropiado. En este sistema, la solución de nutrientes se aplica en la base de cada una de las plantas por medio de un microtubo o de un tubo de material poroso, infiltrándose de esta forma la solución hasta las raíces de las plantas. El uso de grava fina ($1/8\text{--}1/4\ \text{Ø}$ de pulgada) es esencial en este sistema para poder facilitar el movimiento lateral de la solución de nutrientes en el medio, afectando también esta distribución a las raíces laterales.

El sistema de microtubo está formado por tubos de $1/2$ pulgada (1,3 cm) O.D. (Ø externo), con paredes delgadas de polietileno negro, en cuyos laterales se insertan por medio de acoplos metálicos los microtubos de 0,045 ó 0,060 pulgadas de diámetro (figs. 7.16 y 7.17). Dichos acoplos se insertan fácilmente a presión en los orificios pre-

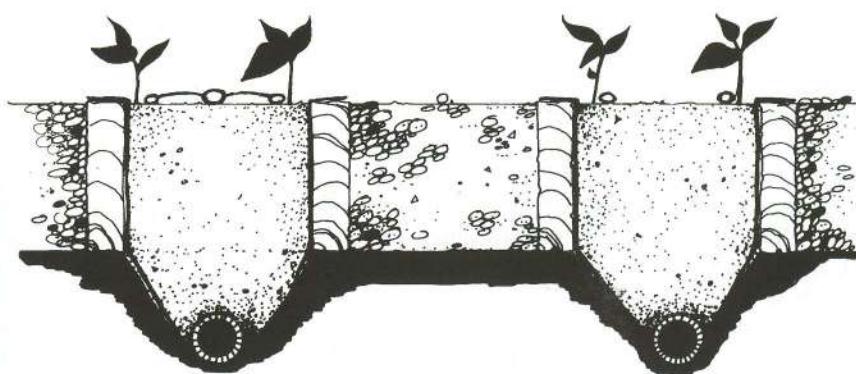


Fig. 7.15. Sección transversal de un sistema de riego por goteo en una bancada de cultivo en grava.

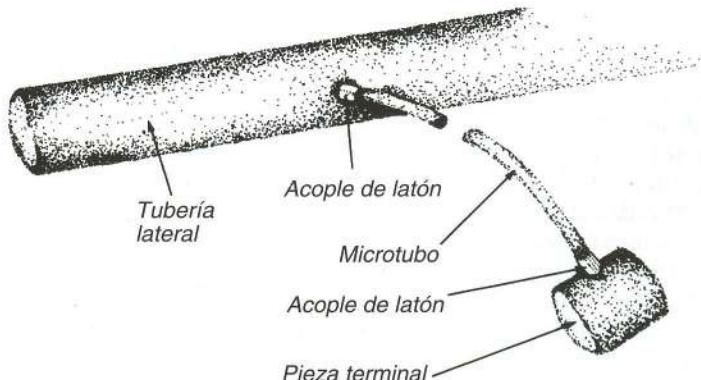


Fig. 7.16. Sistema de fertilización por microtubo.

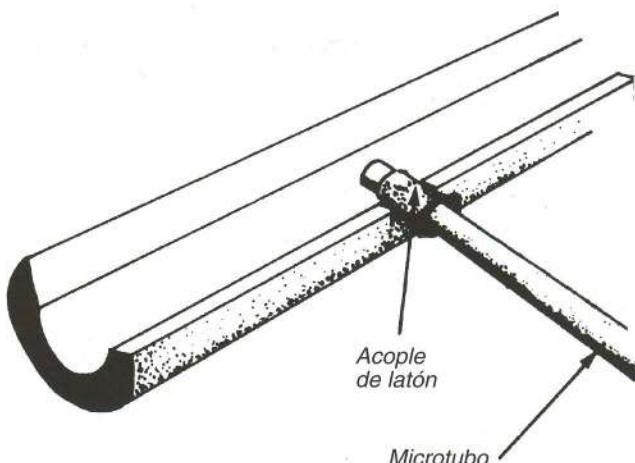


Fig. 7.17. Junta de latón fija en la tubería lateral de 1/2 pulgada.

viamente perforados con un punzón especial, quedando perfectamente fijados de esta forma en la tubería de 1/2 pulgada (fig. 7.17). Hoy ya no se usan los acoplos de latón. Al final de cada uno de los microtubos puede colocarse un trozo de una pulgada de la tubería de 1/2 pulgada, para dispersar de esta forma el chorro de solución a la salida de la línea. Esta pieza final evita, al mismo tiempo, la obstrucción de los microtubos por formaciones salinas, motivadas por la evaporación entre los ciclos de riego. Estas piezas pueden conseguirse en los comercios, sirviendo también para fijar los microtubos, siendo naturalmente más costosa que las anteriormente descritas.

Los microtubos deberán ser lo suficientemente largos como para llegar a la base de las plantas que deben alimentar, debiendo evitarse las longitudes mayores de 2 pies (61 cm), ya que la fricción interna disminuirá excesivamente el flujo de solución.

Un sistema alternativo para el microtubo es la tubería de material poroso. Estos tubos de pared fina de 1/2 pulgada O.D. (\varnothing externo) pueden conseguirse en el comercio de diversas procedencias. Dos tipos comerciales son el «Twin-Wall», de Chapin Watermatics, y el «Via Flow», de Dupont, dejando ambos pasar el agua lentamente en forma de gotas a través de toda su superficie, o bien a intervalos de 6 a 8 pulgadas (15 a 20 cm), o según se soliciten en fábrica. Algunas de las dificultades de este sistema son las frecuentes obturaciones y el desarrollo de algas en su interior, así como la necesidad de reemplazarlos con cada cosecha, si bien debemos indicar que son relativamente baratos.

Los inconvenientes del sistema de microtubos son las obturaciones de las tuberías, el crecimiento de raíces en su interior y el no poder retirar éstas durante el cambio de cosecha; también pueden ser a menudo desplazadas de su sitio de forma accidental al paso de los obreros, lo que da como resultado la falta de agua en las plantas más próximas. La colocación de filtros apropiados de 100 a 200 espacios por pulgada, situados en la línea principal, evitarán gran parte de los problemas de obturación. Al desecharse las tuberías de rezume (material poroso) después de la cosecha, no existen dificultades en

CULTIVO EN GRAVA

los cambios de éstas, y las líneas de riego no se encontrarán tampoco en la zona de trabajo durante los períodos normales de cultivo.

Otro sistema de riego por goteo de uso común en los invernaderos comerciales es el que utiliza tuberías laterales de polietileno de 1/2 pulgada Ø que llevan adaptados un gotero por planta a todo lo largo. Cerca de 30 clases diferentes de goteros y tubos porosos de rezume pueden encontrarse a la venta para las diversas instalaciones de riego localizado. Un sistema clásico de goteo se tratará con profundidad en los capítulos 8 y 10.

La solución de nutrientes se suministrará normalmente con estos sistemas a través de los goteros, bien desde un depósito de almacenamiento, bien por medio de inyectores; esta técnica se describirá también en el capítulo 8. En caso de que se utilice un sistema de cultivo con grava, será preciso disponer de un depósito colector de la solución nutritiva que irá drenando a través de las tuberías de PVC de 3 pulgadas, colocadas en el fondo de las bancadas. Estas tuberías de drenaje deberán estar unidas por una línea principal que terminará en el depósito colector, el cual conviene que esté próximo a la zona de cultivo, a ser posible en un extremo del invernadero, de manera que todas las bancadas drenen de forma natural hacia él.

El uso del riego por goteo no suele ser frecuente a escala comercial en los cultivos de grava, utilizándose más frecuentemente en cultivos de arena o serrín. En invernaderos de jardín a pequeña escala se ha comprobado que la grava puede utilizarse sin problemas con estos riegos (fig. 7.18), y sin necesidad de instalar tuberías de drenaje, siempre, claro está, que las bancadas no tengan más de 20 pies (6 metros) de longitud. Con este sistema se irá formando una gran masa de raíces a lo largo del cultivo y será precisa la limpieza de la grava al menos una vez al año, cosa que al no ser muy grande el volumen puede efectuarse a mano o con una pala; como puede comprenderse fácilmente, esta operación será imposible a escala comercial; es por esta dificultad de difusión lateral de la solución y las raíces, así como del excesivo desarrollo de éstas en el fondo, por lo que se hacen precisas las tuberías de drenaje en las bancadas de cultivo en grava de más de 25 pies (7,6 metros) de longitud.

En California Watercress se construyó un sistema en grava de garbanzo con recirculación para cultivar hortalizas verdes para ensaladas y después para menta. Para ello se construyó un invernadero de 20 pies (6 m) por 120 pies (37 m) con cuatro bancadas de 4 pies (1,2 m) de ancho cada una. El sistema de riego se instaló en la tierra antes de cubrir el suelo con una lámina contra las malas hierbas para evitar cualquier desarrollo de malas hierbas y establecer una barrera estéril entre el suelo subyacente y el medio ambiente del invernadero. Se instaló un sistema hidropónico cerrado con recirculación utilizando una tubería principal de 2 pulgadas de diámetro que partía de un tanque cisterna de 2.500 galones. Desde esta tubería principal se instalaron tuberías secundarias de 1 pulgada debajo de los pasillos a todo lo largo de la longitud del invernadero. Tres elevadores de 3/4 de pulgada situados a intervalos de 40 pies (12 m) a lo largo de la bancada se acoplan a las tuberías de polietileno negro de 3/4 de pulgada que tienen "Tees" de 1/4 de pulgada cada 12 pulgadas (30,5 m) en toda su longitud para suministrar la solución de nutrientes. La solución retorna a la cisterna por unas tuberías receptoras de PVC, de 4 pulgadas de diámetro, colocadas como un canal colector en la parte inferior de las bancadas (fig. 7.19). Estas tuberías receptoras confluyen en un tubo de retorno, de 3 pulgadas de diámetro, que va a la cisterna.

Encima de unos bloques de hormigón de $8 \times 8 \times 8$ pulgadas ($20 \times 20 \times 20$ cm) se colocaron bancadas de 4 pies (1,2 m) de ancho por 110 pies (33,5 m) de largo, construi-

CULTIVOS HIDROPONICOS



Fig. 7.18. Invernadero de jardín con riego por goteo.



Fig. 7.19. Bancadas elevadas instaladas sobre bloques de hormigón, con tuberías receptoras en los lados inferiores de las bancadas (en el centro bajo la cubierta de polietileno). En la parte izquierda, en primer plano, las plantas tienen 18 días y las del fondo tienen 15 días.
(Cortesía de California Watercres, Inc. Fillmore, CA).

CULTIVO EN GRAVA

das con madera tratada de 2×4 pulgadas y madera contrachapada de $5/8$ de pulgada de espesor (fig. 7.20). Las bancadas tenían una pendiente de 3 pulgadas (7,6 cm) hacia la tubería receptora (en los 4 pies de ancho). Las mesas se construyeron a una altura de 28 pulgadas (71 cm) y se cubrieron con una lámina de polietileno negro de 10 milésimas de pulgada después de aplicar dos capas de pintura. Como medio se utiliza un substrato de grava de garbanzo de $1\frac{1}{2}$ pulgadas (4 cm) de profundidad.

Los ciclos de riego que emplean una formulación modificada para hierbas, como se muestra en la Tabla 7.1, fueron bombeados cada 2 a 3 horas durante un período de 15 minutos. Sobre cada bancada se instaló un sistema de nebulización elevado (fig. 7.20) para proporcionar la necesaria humedad para la germinación de las semillas directamente sembradas en las bancadas. Durante la germinación, la nebulización se aplicó cada 10 minutos durante 15 segundos con un controlador de nebulización. Una vez que las plántulas habían expandido completamente los cotiledones, los ciclos de nebulización se establecieron cada 30 minutos durante 45 segundos.

18. Invernadero de jardín
ego por goteo.



de hormigón, con tuberías
(en el centro bajo)
a, en primer plano,
ieren 15 días.
illmore, CA).



Fig. 7.20. Hortalizas baby para ensaladas en bancadas con líneas de nebulización por encima. En la bancada dos tienen 19 días y en la bancada tres 10 días. (Cortesía de California Watercress, Inc., Fillmore, CA).

CULTIVOS HIDROPONICOS

TABLA 7.1
Formulación de nutriente para hierbas

N	150 ppm	P	40 ppm
K	182 ppm	Ca	230 ppm
Mg	50 ppm	Fe	5 ppm
Mn	0,5 ppm	Zn	0,1 ppm
Cu	0,035 ppm	Mo	0,05 ppm
B	0,5 ppm		

Después de calcular la demanda del mercado, se realizaron ensayos con muchas variedades de lechuga y otros cultivos de hortalizas baby para llegar al cultivo de las siguientes mezclas en cada una de las bancadas de 100×4 pies ($30,5 \times 1,2$ m):

Bancada 1: solamente remolachas; variedad Bull's Blood. Dos siembras por semana de una sección de 8 pies (2,4 m) de bancada originaron un ciclo de cultivo de 6 semanas. Las remolachas estaban listas para su cosecha 3 semanas después de la siembra y se recolectaron dos veces antes del cambio de cultivo. Esto proporcionó varias cosechas por semana, es decir, dos secciones de 8 pies (fig. 7.21).

Las bancadas 2 y 3 tenían mezclas de lechugas que contenían: Tango (20%), Red Oak (20%), Green Romaine (20%), Red Romaine (20%), Mizuna (5%), Tah Tsai (10%) y Broadleaf Cress (5%). El período de cultivo para la lechuga es de 3 semanas. Por tanto, con dos bancadas de 100 pies (30,5 m) cada una la longitud total de bancada para este cultivo es de 200 pies (61 m). Sembrando dos veces por semana nos produce varias cosechas por semana sobre una base continua. El cultivo se cambia después de cada cosecha. El programa de siembra dos veces por semana es el siguiente: 6 cultivos en los 200 pies de bancada; $200/6 = 33$ pies (10 m) para sembrar; Tango, Red Oak, Green Romaine, Red Romaine – 6 pies y 7 pulgadas (1,25 m) cada variedad ($20\% \times 33$ pies); Tah Tsai – 3 pies y 4 pulgadas (1 m); Mizuna y Broadleaf Cress – 20 pulgadas (51 cm) cada una (fig. 7.22).

La bancada 4 contenía Dill (Delikat), Arugula, Spinach y Fennel. Con una siembra por semana, tres semanas por cultivo y una cosecha por cultivo, se sembraron 33 pies (10 m) de bancada cada semana de la forma siguiente: Dill – 16 pies (4,9 m), Arugula – 8 pies (2,4 m), Spinach – 5 pies (1,5 m) y Fennel – 4 pies (1,2 m) de longitud de bancada.

El espaciamiento para las hortalizas rojas es de 3 pulgadas (7,6 cm) entre hileras y aproximadamente 1/8 de pulgada (3 mm) entre semillas dentro de la hilera. Para las hortalizas verdes el espaciamiento es de 3 pulgadas (7,6 cm) y están casi tocándose en las hileras. El mayor espaciamiento para las hortalizas rojas tiene como objeto permitir que entre más luz en el cultivo, lo cual ayuda para producir un color rojo. La semilla se siembra a mano utilizando un palo de madera (torno) como guía.

La semilla se siembra directamente sobre la superficie de grava de guisante y se conserva húmeda durante las horas diurnas mediante la aplicación automática de nebulizaciones durante los 10 primeros días. La nebulización proporciona suficiente humedad para el empapado y el posterior desarrollo de la semilla. Al mismo tiempo, traslada las semillas finas a los espacios vacíos de la grava, protegiéndola del secado entre los ciclos de nebulización. Cuando las plantas hayan alcanzado una altura aproximada de 1 pulgada (2-3 cm), se detiene la nebulización, pues su uso continuo causa manchas blancas en las hojas debido a los altos porcentajes de carbonatos cálcico y magnésico en el

P	40 ppm
Ca	230 ppm
Fe	5 ppm
Zn	0,1 ppm
Mo	0,05 ppm

realizaron ensayos con muchas variedades para llegar al cultivo de las lechugas (3×4 pies ($30,5 \times 1,2$ m>): Lolla Rossa, Parris Island Cos, Red Oak, Green Oak, Mizuna, Tah Tsai, etc.). La duración del ciclo de cultivo es de 3 semanas después de la siembra. Esto proporcionó varias cosechas.

Las variedades que se contienen: Tango (20%), Red Oak (15%), Mizuna (5%), Tah Tsai (10%) y Green Oak (10%). La lechuga es de 3 semanas. Por la longitud total de bancada para cada variedad se producen varias cosechas por semana nos produce varias cosechas. El cultivo se cambia después de cada cosecha el siguiente: 6 cultivos en los 18 días siguientes: Tango, Red Oak, Green Oak, Mizuna, Tah Tsai y Lolla Rossa. Cada variedad ($20\% \times 33$ pies); 18 días ($51 \text{ cm} \times 33 \text{ pies}$) = 633 pulgadas ($1,6 \text{ m}$) de longitud de bancada.

Se sembraron 33 pies ($1,6 \text{ m}$) de lechuga en una sola hilera. La distancia entre las plantas es de 12 pulgadas ($30,5 \text{ cm}$) entre hileras y 6 pulgadas (15 cm) dentro de la hilera. Para las lechugas se usan semillas de 12 pulgadas ($30,5 \text{ cm}$) y están casi tocándose en la hilera. La lechuga tiene como objetivo permitir que las hojas crezcan de color rojo. La semilla se sembra en una mezcla de grava y guífa.

La mezcla de grava de guífa y se aplica una aplicación automática de nebulización. La grava proporciona suficiente humedad a la semilla. Al mismo tiempo, traslada la grava de la semilla del secado entre los 18 y 24 días. Una altura aproximada de 12 pulgadas ($30,5 \text{ cm}$) continúa causando manchas blancas y amarillas en la lechuga. Los nutrientes cárnicos y magnesio en el suelo.

CULTIVO EN GRAVA

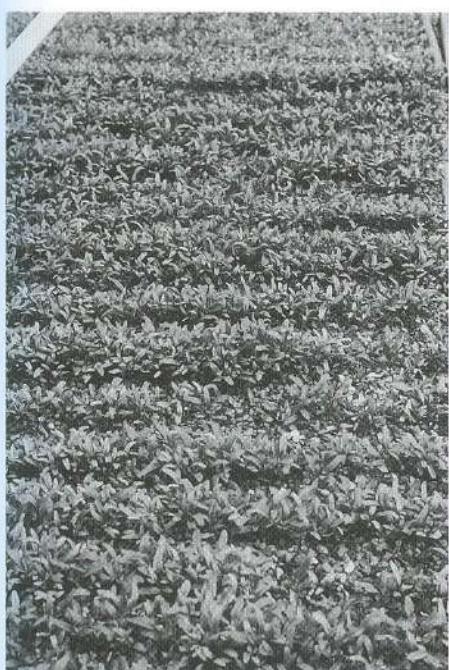


Fig. 7.21. Las secciones de remolacha tienen 18 días desde la siembra.

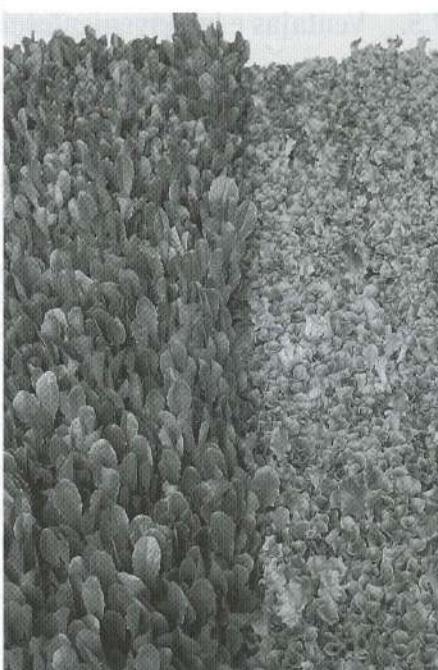


Fig. 7.22. Lechuga baby, Parris Island Cos a la izquierda, y Lolla Rossa a la derecha, 23 días después de la siembra.

(Ambas fotos son cortesía de California Watercress, Inc., Fillmore, CA).

agua dura. Las plantas son regadas después con un sistema recirculante de nutrientes cada 2 horas durante períodos de 15 minutos en las horas solares. Al final del período de cultivo de 3 semanas, las plantas no deben ser mayores de 2 pulgadas (5 cm) en altura, pues si se les permitiera crecer más se harían menos tiernas con la edad.

Los problemas de plagas y enfermedades asociados con un cultivo a corto plazo, como las hortalizas pequeñas, son menos graves que con los cultivos a más largo plazo. Sin embargo, los áfidos, la mosca blanca, los escarabajos de la calabaza y varias larvas de polillas y mariposas son las plagas más importantes. Pueden ser controladas con Pyrethrum y Dipel. El problema más difícil es eliminar el exceso de raíces de la grava de la lechuga después de cada cultivo, pues solamente se corta con un cuchillo la parte superior del cultivo.

Este tipo de cultivo puede ser rentable siempre que se pueda obtener un precio mínimo por libra próximo a los 5 dólares. Para conseguir este precio, hay que concentrarse en los períodos fuera de estación y estar próximos a los mercados y restaurantes altamente especializados. Las mezclas se envasan mejor en forma de preparados para comer que no requieren lavados.

7.5. Ventajas e inconvenientes del riego por goteo

Las ventajas del riego por goteo frente al sistema de subirrigación son:

1. Menos problemas de obturación en las tuberías de drenaje a causa de las raíces.
2. Mejor aireación de las raíces debido a que éstas nunca se encuentran completamente sumergidas en agua. Las gotas de agua caen hacia las raíces llevando aire fresco con ellas.
3. Los costes de construcción son más bajos, puesto que se necesitan depósitos de nutrientes más pequeños y no son precisas válvulas o «plenos».
4. Es un sistema mucho más simple, con muy pocas posibilidades de averías. Al no ser necesaria la coordinación de válvulas, bombas, etc., es mucho más simple de instalar, reparar y operar.
5. La solución de nutrientes alimenta directamente cada una de las plantas.

Existen también algunos inconvenientes: algunas veces el movimiento del descenso del agua toma forma de cono debido al tamaño relativamente grande de las partículas de grava. Es decir, el agua no se mueve hacia los lados en la zona radicular, sino que fluye directamente hacia abajo; esto tiene como resultado una disminución en el riego de las plantas y las raíces crecen, por tanto, a lo largo del fondo de las bancadas, donde se encuentra mayor cantidad de solución, obturando eventualmente las tuberías de drenaje. Un sistema de subirrigación humedece uniformemente tanto el medio de cultivo como las raíces de las plantas.

Las líneas de goteo se obturan a veces, o bien son desplazadas de su sitio por los trabajadores. El uso de filtros en las tuberías principales suelen reducir las obturaciones, así como la utilización de goteros fijos puede evitar los problemas de desplazamientos accidentales de éstos durante los trabajos.

7.6. Esterilización de la grava entre las cosechas

La esterilización de la grava entre dos cosechas puede efectuarse fácilmente con hipoclorito cálcico o sódico o con ácido clorhídrico (muriático) del utilizado en las piscinas. Se preparará una solución de 10.000 ppm de cloro comercial en el depósito de nutrientes, mundando las bancadas por espacio de veinte minutos, tres o cuatro veces; la solución de cloro se bombea por completo a continuación, lavando varias veces las bancadas con agua clara hasta eliminar todos los residuos de hipoclorito. Los invernaderos deberán airearse durante uno o dos días antes de efectuar la plantación siguiente.

En un sistema de riego por goteo deberá taponarse la tubería de drenaje de forma que puedan llenarse las bancadas, bombeándose la solución desinfectante a través de las líneas de goteo. Esto necesitará bastante tiempo, siendo más práctico el utilizar una tubería y bomba auxiliar que inunde las bancadas desde arriba. El mismo procedimiento podría utilizarse a continuación para lavar éstas con agua limpia.

Con cada una de las cosechas irán quedando en el medio algunas de las raíces y al cabo de los años la desinfección con hipoclorito perderá su efectividad a menos que puedan eliminarse. Esta limpieza suele ser muy costosa, recomendándose eventualmente una esterilización más patente como el vapor o algunos medios químicos (Vapam, cloropícrina o bromuro de metilo), debiendo tenerse en cuenta la peligrosidad de estos últimos.

de subirrigación son:

as de drenaje a causa de las raíces.
tas nunca se encuentran completa-
ua caen hacia las raíces llevando

esto que se necesitan depósitos de
lículas o «plenos».

pocas posibilidades de averías. Al
bombas, etc., es mucho más sim-

ite cada una de las plantas.
as veces el movimiento del des-
relativamente grande de las par-
os lados en la zona radicular, sino
resultado una disminución en el
largo del fondo de las bancadas,
rando eventualmente las tuberías
niformemente tanto el medio de

n desplazadas de su sitio por los
s suelen reducir las obturaciones,
s problemas de desplazamientos

echas

uede efectuarse fácilmente con
riático) del utilizado en las pis-
oro comercial en el depósito de
te minutos, tres o cuatro veces;
ación, lavando varias veces las
os de hipoclorito. Los inverna-
fectuar la plantación siguiente.
la tubería de drenaje de forma
cción desinfectante a través de
ndo más práctico el utilizar una
de arriba. El mismo procedi-
on agua limpia.
medio algunas de las raíces y al
u efectividad a menos que pue-
nándose eventualmente una
os químicos (Vapam, cloropi-
peligrosidad de estos últimos.

CULTIVO EN GRAVA

7.7. Ventajas e inconvenientes del cultivo en grava

El cultivo en grava tiene gran número de ventajas al principio, algunas de las cuales se van perdiendo con el uso.

Las ventajas son:

1. Riego y nutrición uniforme de las plantas.
2. Puede ser completamente automatizado.
3. Da muy buena aireación a las raíces.
4. Se adapta a una gran cantidad de cultivos.
5. Ha demostrado su efectividad en gran número de cosechas comerciales culti-
vadas tanto al aire libre como en invernadero.
6. Puede utilizarse en las zonas desérticas donde se encuentran solamente disponi-
bles grava y arena.
7. Gracias al sistema de reciclaje se obtiene un uso eficiente de agua y nutrientes.

Los inconvenientes son:

1. Costoso de construir, mantener y reparar.
2. Con válvulas automáticas, etc., las averías ocurren a menudo.
3. Uno de los mayores problemas es el desarrollo de las raíces en la grava, obtu-
rando las tuberías de drenaje. Al dejar cada una de las cosechas algunas raíces en el
medio, va aumentando la capacidad de absorción de éste, siendo necesario, por tanto, el
reducir la frecuencia de riego. Aparecen deficiencias de riego y aireación. Con el paso
de los años esta formación de raíces da lugar a la pérdida de las ventajas existentes
frente a un sistema de cultivo tradicional. Eventualmente, será preciso limpiar la grava
de raíces o incluso cambiarla por completo. La esterilización entre cosechas por medio
de cloro se vuelve inefectiva.
4. Algunas enfermedades como *Fusarium* y *Verticillium* pueden extenderse muy
rápidamente a causa del sistema cíclico.

Referencias

- SCHWARZ, M., y VAADIA, V.: «Limestone gravel as growth medium in hydroponics». *Plant and Soil* 31: 122-28, 1969.
- VICTOR ROGER, S.: «Growing tomatoes using calcareous gravel and neutral gravel with high saline water in the Bahamas». *Proc. of Int. Working Group in Soilles Culture Congress*, Las Palmas, 1973.
- WITHROW, R. B., y WITHROW, A. P.: *Nutriculture*. Lafayette, Ind.: Purdue Univ. Agr. Expt. Stn Publ. S. C. 328, 1948.