

EL DESARROLLO DEL CULTIVO SIN TIERRA

Autor:

Abram A. Steiner, Los Paises Bajos

INTRODUCCION

Algunas veces parece difícil decidir si un cierto método para cultivar plantas concierne al cultivo sin tierra o no. En este caso necesitamos una definición para el cultivo sin tierra. Cualquiera puede tener la inclinación de pensar que es suficiente decir "El cultivo sin tierra es cultivar plantas sin tierra". Esto puede ser verdadero, pero cualquiera puede decir que "la turba no es tierra, por eso cultivar plantas en la turba es cultivar sin tierra". Pero nosotros no aceptamos la turba como un sustrato para cultivo sin tierra. Podemos salvar esta dificultad diciendo que "el cultivo sin tierra es cultivar plantas en sustratos inorgánicos". Esto es fácil de manejar y hasta ahora esto siempre ha sido válido.

Justamente durante este congreso tendremos una conferencia sobre el uso de "kuntan" como un sustrato para cultivar sin tierra. El kuntan está compuesto de cáscara de arroz, carbonizado a 300 - 500 centígrados. Algunas personas todavía ven este kuntan como una materia orgánica, pero nosotros lo consideramos como inorgánico, igual a "carbón de cok", porque no está compuesto de carbón en el sentido real de materia orgánica.

Solamente para la solución nutritiva tenemos que pensar que necesariamente no tiene que estar completamente libre de alguna materia orgánica. Aunque todos los mismos nutrientes serían consumidos por las plantas de una forma inorgánica, algunos portadores pueden ser orgánicos, por ejemplo hierro que puede mantenerse bien en la solución incluyendo el elemento en un quelato orgánico, literalmente del griego "cheila", que significa "garra". Por razones de solubilidad también trazas de otras materias orgánicas, humato por ejemplo, pueden ser utilizadas en una solución nutritiva para el cultivo sin tierra. Si queremos reemplazar la tierra natural por un ambiente artificial para las raíces, solamente tenemos que saber dos cosas:

1. que condiciones tienen que ser realizadas en el ambiente de las raíces;
2. de que manera podemos lograr estas condiciones.

Condiciones requeridas en el ambiente de las raíces.

A. Suficiente suministro a las raíces de:

1. agua
2. oxígeno
3. nutrientes

a. nitrógeno (para la mayoría de las plantas solamente

en forma de nitrato, algunas plantas toleran hasta 70% del nitrógeno en forma de amonio y posiblemente algunas plantas prefieren amonio en lugar de nitrato).

- b. fosfato (consumido por las plantas en forma de H_2PO_4)
 - c. sulfato
 - d. potasio
 - e. calcio
 - f. magnesio
 - g. hierro (para la mayoría de las plantas en forma férrica; algunas plantas, por ejemplo algunas gramíneas prefieren la forma ferrosa)
 - h. trazas de manganeso, boro, cobre, zinc, molibdeno, cloro, y posiblemente cobalto.
- B. Suficiente descomposición de las secreciones de las raíces muertas por bacterias aeróbicas saprofitas.
- C. Suficiente dispersión del dióxido de carbono producido en la respiración de las raíces y de las bacterias.
- D. Una temperatura entre ciertos límites.
- E. Suficiente apoyo en las raíces para mantener las plantas en pie a menos que las plantas estén sostenidas en alto por encima del sustrato.
- F. Libre de influencias dañosas (insectos, mohos, etc.).

Cultivo en agua

El origen de cultivar plantas sin ninguna tierra fué reemplazar completamente la tierra por una solución nutritiva, agua en la cual todas las condiciones tienen que ser realizadas. Nosotros llamamos a ésto, cultivo en agua. En la forma más sencilla consiste en un vaso con la solución nutritiva en la cual las raíces de las plantas están colgando, y en un dispositivo para dar soporte al tallo

de la planta (Fig 1). El famoso científico polifacético Robert Boyle de Irlanda ya trató este método alrededor del año 1.665.

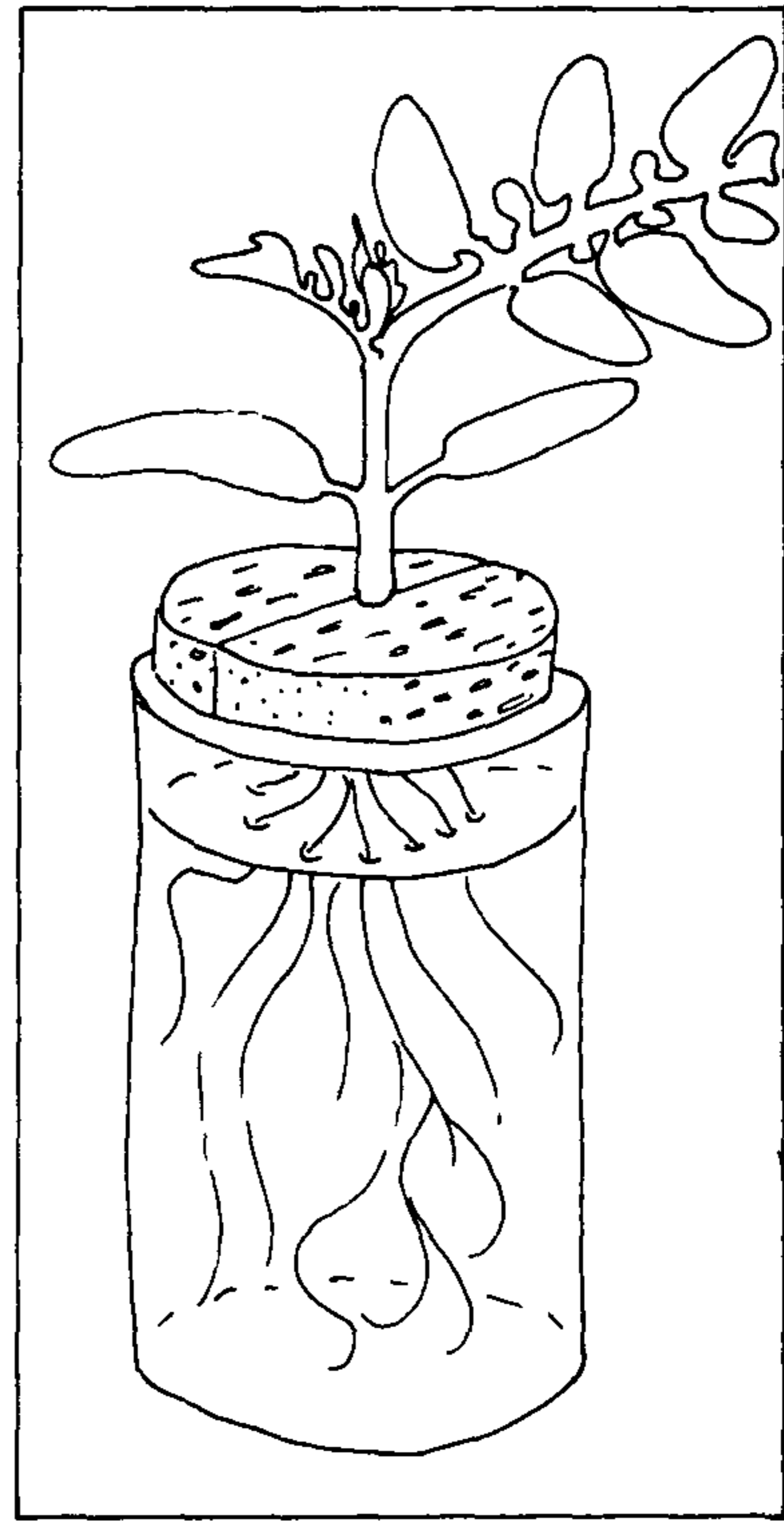


Fig. 1.- La forma original del cultivo en agua.

Alrededor del año 1.850 el método de cultivo en agua ha sido utilizado en el estudio de la nutrición de las plantas. Disolviendo diferentes sales en la solución nutritiva se ha descubierto que clase de elementos necesita una planta para su crecimiento y desarrollo. De esta manera el cultivo en agua ha sido el trampolín para el uso de fertilizantes minerales en agricultura y horticultura. Hoy día se sigue usando el método de cultivo en agua para el estudio de la nutrición de las plantas, y aún en otras investigaciones en relación con el control de las enfermedades de las plantas.

Fué en 1.929 cuando el Prof. Gericke en los Estados Unidos de América introdujo el método de cultivo en agua comercialmente para la produc-

ción de tomates. Las plantas fueron fijadas en malla sobre un tanque en que las raíces están sumergidas en la solución nutritiva. A pesar de todos los resultados fantásticos mencionados en los periódicos, pronto se evidenció que los conocimientos de la técnica fueron insuficientes para una competencia real con la producción en tierra. Las principales dificultades surgieron en el suministro de hierro originalmente añadido como sulfato ferroso se precipitó demasiado rápidamente y no fué posible disolver suficiente oxígeno en la solución. Además, fijar las plantas en la malla exige mucho trabajo. Por estas razones se ha abandonado completamente el método de cultivo en agua para objetos comerciales en el comienzo de los años 30 (Fig. 2).

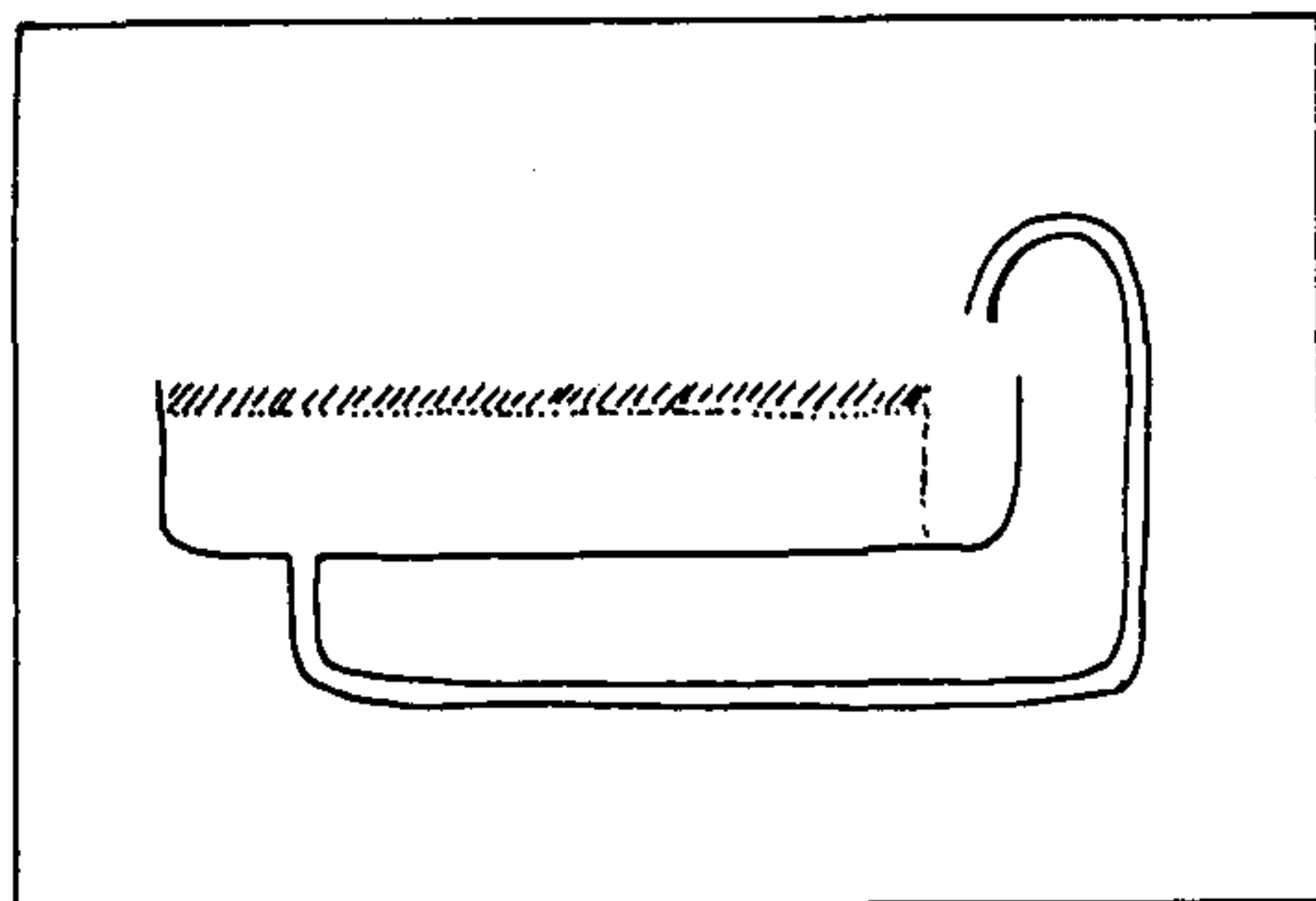


Fig. 2.- El método del cultivo en agua según Gericke.

Durante los años 1.956 - 1.959 nosotros hicimos muchos experimentos con tomates en cultivo en agua en la Estación de Investigación y Experimentación en Naaldwijk, Holanda, con el objeto de estudiar la nutrición de los tomates por una solución nutritiva. Está claro que encontramos mejores resultados que Guericke en los años 30, ahora usando un quelato para la nutrición de hierro, usando una aireación forzada por circulación continua de la solución nutritiva con una caída libre en la entrada de la cama y otra caída libre al retornar al tanque, y teniendo un mejor conoci-

miento general sobre la composición apropiada de la solución nutritiva.

Hace cinco años el método de cultivo en agua surgió nuevamente como una posibilidad para la producción de verduras. Ahora con una película de solución nutritiva muy delgada en cubetas de diferente construcción, hechas de plástico u otro material en la cual la planta tiene que ser fijada (Fig. 3).

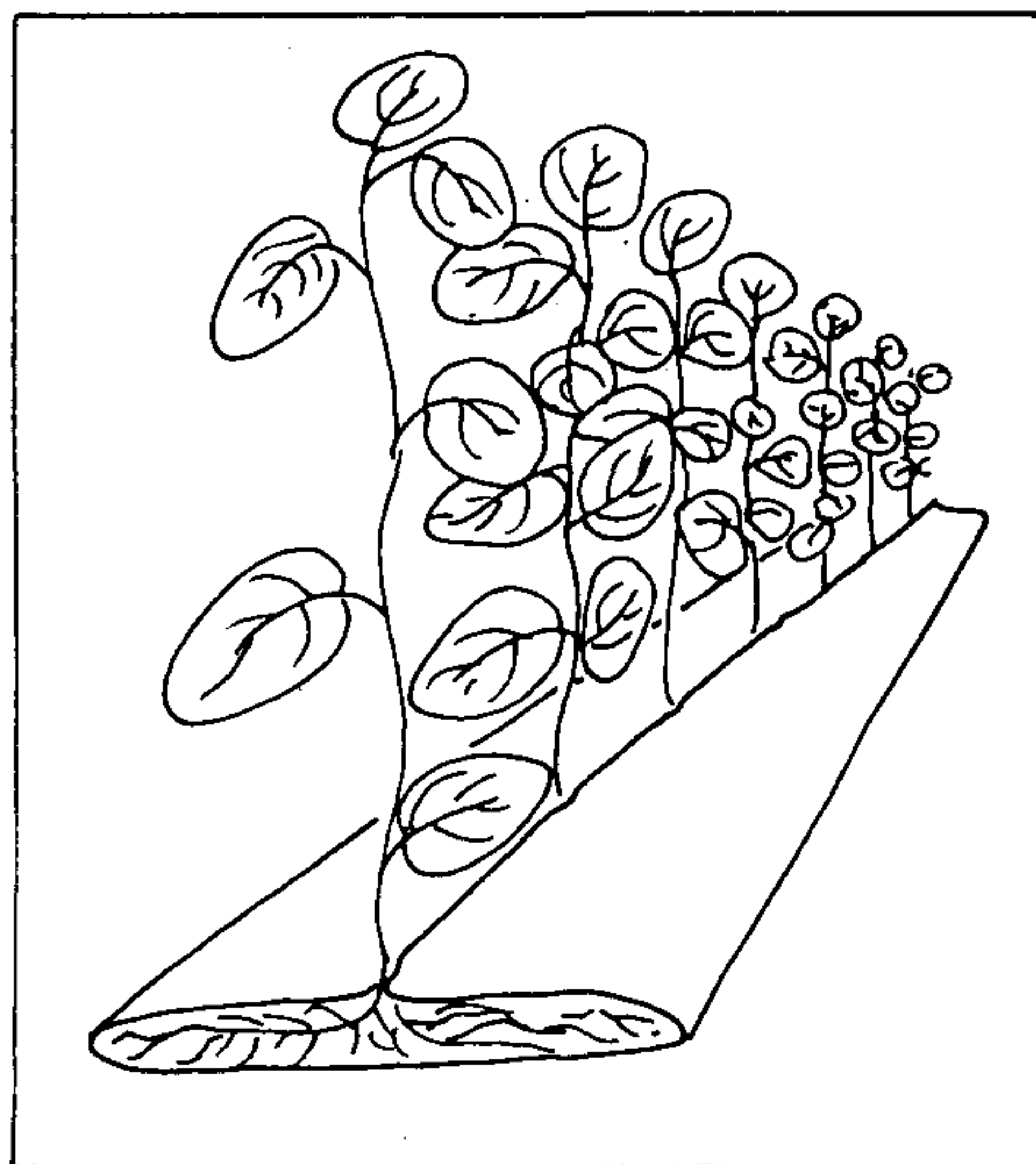


Fig. 3.- El principio de la técnica de película nutritiva, como desarrollado por Sholto Douglas.

Fué Sholto Douglas, quien desarrolló este sistema en la India, con el objeto de abrir una posibilidad sencilla para la población local de poder cultivar sus propias verduras. Está claro que aquí el problema de fijar las plantas no será de mucha importancia económica. Sholto Douglas ya ha presentado una conferencia sobre este sistema durante nuestro congreso en Sassari 1.973, donde el introdujo el nombre "Nutrient film technique", o "Técnica de película nutritiva", nombre ahora generalmente aceptado para este cultivo en agua.

En Gran Bretaña fué Cooper que introdujo la técnica de película nutritiva con el objeto de desarrollarlo para la producción comercial de to-

mates, pepinos, etc. Claro, aquí encontró el mismo problema: ¿como trasplantar las plantas jóvenes del semillero al cultivo en agua sin mucho trabajo?

Algunas personas han prestado atención a este problema. Aún se está tratando de utilizar plantas jóvenes cultivadas en bloques de tierra. Es evidente que en la corriente de la película nutritiva los bloques estarán muy húmedos lo que puede causar una falta de oxígeno creando una situación propensa para enfermedades en la tierra; además los bloques pueden descomponerse parcialmente en trozos; de todas maneras los bloques perderán partículas parcialmente orgánicas en la solución nutritiva, las cuales consumirán mucho oxígeno de la solución nutritiva. En verdad la introducción de tierra en un sistema de cultivo sin tierra es un último recurso porque si no podemos solucionar los problemas, volveremos a cultivar en la tierra. De cualquier forma, en el pasado se ha probado claramente que cualquier introducción de tierra en un sistema de cultivo sin tierra solamente traerá problemas. Hace algunos años Verwer en Holanda estuvo trabajando con lana de piedra como un sustrato para la hidroponía, cuando encontró la técnica de película nutritiva. Él hizo una combinación. Hizo crecer plantas jóvenes de tomates y pepinos desde la semilla en muy pequeños bloques de lana de piedra y trasplantó estos bloques al cultivo de película nutritiva. Los resultados fueron maravillosos. Las raíces crecieron rápidamente en la película nutritiva y los pequeños bloques de lana de piedra, bastante inertes, no tuvieron ninguna influencia durante el resto de la vida de las plantas, por tanto nosotros podemos hablar aún de un real cultivo en agua con sus especiales ventajas de crecimiento rápido y una alta producción.

CULTIVO EN NIEBLA

Muy relacionado con el cultivo en agua, es el cultivo en niebla, frecuentemente llamado "aeroponía". Las raíces no están sumergidas en la solución nutritiva como en el cultivo en agua, sino en un espacio donde la solución nutritiva está continuamente suministrada en forma de niebla como un aerosol. El fijar las plantas presenta el mismo problema como en el cultivo en agua, mencionado anteriormente. Este método ha sido utilizado hace 25 años en Gran Bretaña para manzanos, con fines de investigación. Desde hace 10 años el método está en desarrollo para fines comerciales, especialmente en Italia.

CULTIVO EN ARENA

Debido a las dificultades del cultivo en agua al comienzo de los años treinta, han sido introducidos sustratos inorgánicos para producciones comerciales de plantas, comenzando con arena, que ya han sido usada para investigaciones mucho antes del año 1.900. En líneas generales no ha tenido éxito. En la arena fina no es posible la circulación de la solución nutritiva con la rapidez suficiente para lavar el oxígeno a las raíces por mediación de la solución nutritiva misma. Para tener un mejor aprovechamiento del oxígeno se ha tratado de añadir solamente muy poca agua a efectos de que hay suficiente espacio para que pase aire entre las raíces. No obstante, el límite entre demasiado seco en que las plantas se marchitan o demasiado húmedo, en que las plantas asfixian, es demasiado pequeño. Este es la principal razón por la que el cultivo en arena nunca llegó a tener un éxito total para la hidroponía comercial y también en las investigaciones su utilización está en retroceso. Sin embargo el método de cultivo en arena todavía se sigue utilizando con éxito en el mejoramiento de las rosas, en el Sur de la Francia.

Hace más de 20 años la arena también fué utilizada como principal sustrato para la producción de esquejes de crisantémos y claveles enraizados. Hoy día para esto la arena se ha reemplazado por perlita, también un sustrato propiamente de cultivo sin tierra. Algunas veces se mezcla esta perlita con turba, pero en este caso tenemos que hablar de "cultivo en turba!", y no cultivo sin tierra como ya he mencionado al comienzo de mi conferencia.

DIFERENCIAS ENTRE CULTIVO EN ARENA Y EN GRAVA

Desde mediados los años treinta hasta ahora muchos experimentos y aplicaciones han sido hechos con "grava" como el sustrato sólido. Ahora en primer lugar tenemos que considerar que entendemos por "arena" y "grava". Ha sido una costumbre llamar a todos los hidropónicos con sustratos inorgánicos no degradables, como cultivo en arena, cuando las partículas son más pequeñas de tres milímetros, y como cultivo en grava, cuando las partículas son mayores de tres milímetros, independientemente de la composición material de las partículas. Entonces la "grava" y la "arena" no consistirá explícitamente de sílice. Las partículas también pueden ser de plástico, lava, aquí en las Canarias llamado "picón", arcilla expandida, etc.; solamente tiene que consistir en partículas redondas o regulares pero en ningún caso de partículas degradables. Así la vermiculita con sus calidades degradables no pertenece a sustrato de grava, aunque las partículas pueden ser angulares. El límite de tres milímetros para arena o grava no es límite exacto. La diferencia principal es que con grava los poros entre las partículas tienen que ser tan grandes que sea posible la circulación de la solución nutritiva, de forma relativamente rápida a través del sustrato en una dirección horizontal; con cultivos en arena los

poros son demasiado pequeños para cualquier transporte rápido. Otra diferencia típica es que dentro de una hora después de un riego completo en el cultivo en grava por lo menos el 15% debe ser espacio llenado por aire, mientras, en el cultivo en arena este será de menos del 15%.

CULTIVO EN GRAVA

Una instalación para cultivo en grava generalmente consiste de un tanque para almacenar la solución nutritiva, unas camas de cultivo con el sustrato y una bomba con tubos o canales para el tratamiento entre las camas de cultivo y el tanque. Hay dos principios de riego, el original sistema Americano, muchas veces llamado Sub-irrigación y el sistema Holandés, llamado el sistema Filippo, después de la muerte del Dr. Filippo, el descubridor de este sistema. Ambos sistemas tienen muchas modificaciones, pero siempre existe una diferencia fundamental; con el sistema Americano y todas sus modificaciones, la solución bombeada del tanque a las camas de cultivo solamente se mezcla y no reemplaza la solución vieja, que permanece en las partículas y en las raíces en el sustrato, puesto que como veremos después, con el sistema Holandés la solución nueva del tanque completamente reemplaza la solución vieja en el sustrato.

Con todos los cultivos en grava del tipo Americano, a los que pertenece más de 90% de las instalaciones en el mundo, la solución nutritiva entra en las camas de cultivo por el mismo tubo por el que la solución nutritiva desagüa al tanque, dejando en el sustrato una mezcla de la solución vieja, adherida a las partículas y a las raíces, y la solución fresca del tanque.

Ahora llegamos a un hecho muy notable. Sin ninguna excepción toda la literatura sobre cultivo sin tierra hasta el año 1.968, menciona que el suministro de oxígeno a las raíces es

excelente con este tipo de cultivo en grava. Toda la literatura manifiesta que en cada riego todo el aire viejo será expulsado de la grava y durante el desagüe, aire fresco con 21% de oxígeno penetrará en la grava. Esto es verdad, pero no incluye que el suministro de oxígeno a las raíces es excelente. Aún sin la renovación del aire en el sustrato, estará cerca 21% de oxígeno en el aire en el sustrato, porque la velocidad de difusión del oxígeno a través de la fase aire es muy rápida. Sólomente la velocidad de difusión del oxígeno a través de la fase acuosa es muy lenta. A través de la fase aire es 2.000.000 de veces más rápida que a través de la fase acuosa. Así en realidad, no es la fase aire que forma el efecto de cuello de botella para el suministro de oxígeno sino la fase acuosa. Después de cada riego una película de solución nutritiva permanece adherida a las raíces y la solución puede llenar aún completamente los poros entre las películas donde la raíces se encuentran, especialmente cuando se han usado partículas pequeñas. Así no tenemos que regar para refrescar el aire en el sustrato, sino para refrescar el oxígeno en la solución nutritiva alrededor de las raíces.

En el original sistema Americano, la solución nutritiva misma nunca ha sido aireada en el tanque o durante el transporte entre el tanque y las camas. Como podemos ver en la Fig. 4,

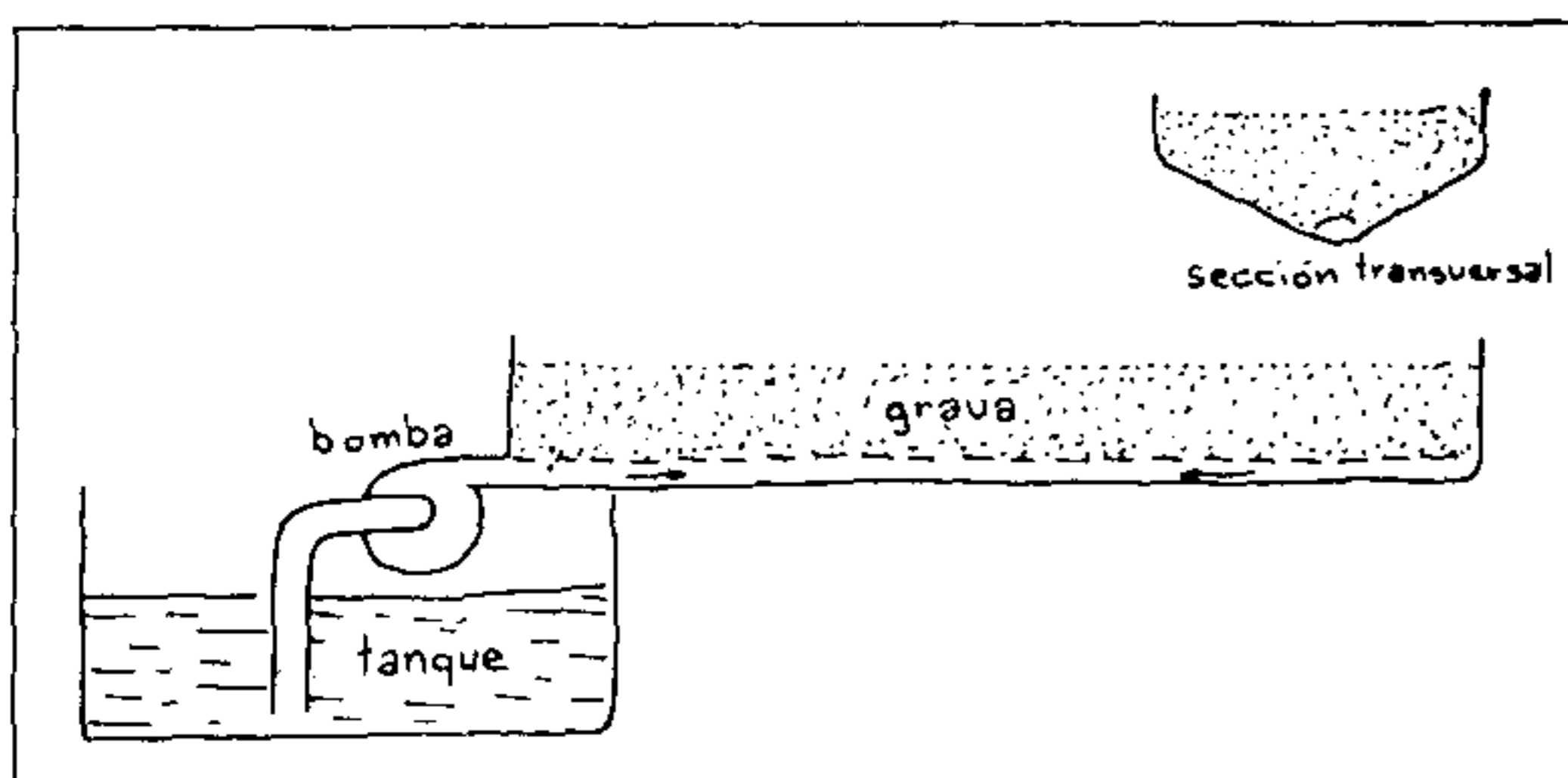


Fig. 4.- El sistema Americano para el cultivo en grava.

la solución nutritiva circula en un sistema cerrado. El resultado es que

la solución nutritiva alrededor de las raíces será más o menos anaerobia. La difusión de oxígeno del aire a través de capa fina de solución alrededor de las raíces puede ser olvidada. El resultado es una falta de oxígeno, que ha sido la causa de muchos, y muchos fracasos con cultivos en grava no solamente en tiempos pasados, sino todavía ahora.

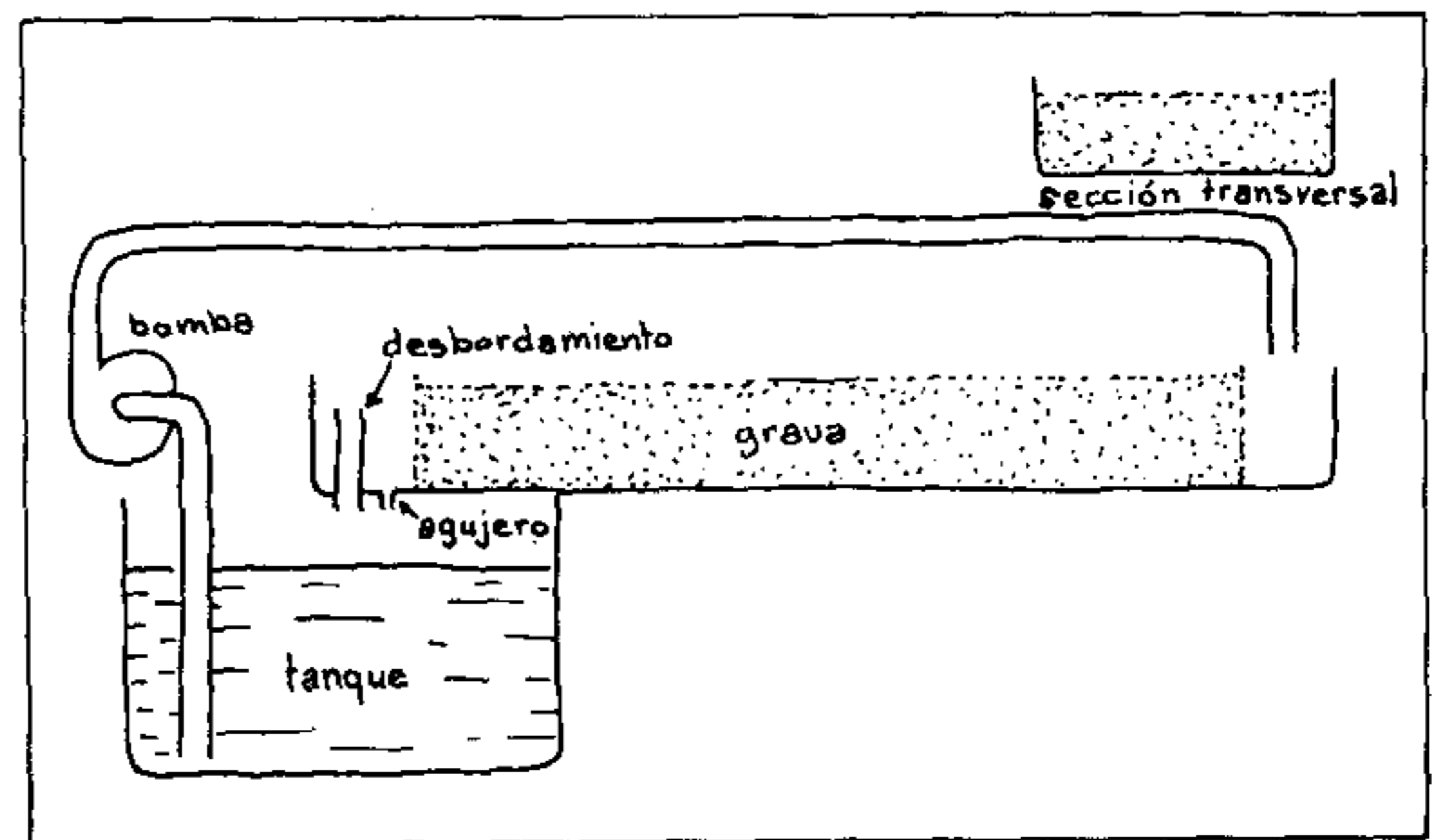


Fig. 5.- El sistema Holandés para el cultivo en grava (Sistema Filippo).

Con el sistema Filippo (Fig. 5) la solución también es bombeada del tanque a las camas, pero aquí está forzada para fluir a través de la cama y regresar al tanque ya durante el riego mismo. La solución nutritiva entra a la cama de cultivo mediante una caída libre para aireación. No hay ni tubo, ni nada semejante en el fondo de la cama, pues la solución está forzada para correr a través de la grava misma. Si suponemos que equis litros entran la cama cada minuto. La solución fluye así al lado opuesto de la cama, y allí está un agujero que drena directamente media equis por minuto al tanque, otra vez con una caída libre para aireación. Los otros media equis litros por minuto llenan la cama de cultivo hasta que el nivel alcance el desbordamiento, donde la solución vuelve al tanque, otra vez con una caída libre para aireación. No hay ninguna objeción de regar 15 minutos o media hora más que lo necesario para llenar la cama, siempre que la solución esté bien aireada. Durante el riego la situación es como en un buen cultivo en agua.

Este sistema de Filippo trabaja excelente en una instalación pequeña. Con camas más largas hay dificultades, debidas a la gran resistencia que la grava ofrece a la corriente de agua. En una cama larga, la cantidad de solución necesaria para llenar la cama dentro de un tiempo aceptable, es más que la capacidad de circular a través de la grava. El resultado es que la solución tiende a correr sobre la superficie del sustrato, la vía de menos resistencia. Este problema puede ser resuelto completamente, como se muestra en Fig. 6. La solución entra en la cama por caída en un conducto, hecho de piezas de cristal o de otro material, como tejas (¡véa Fig, 6!), si-

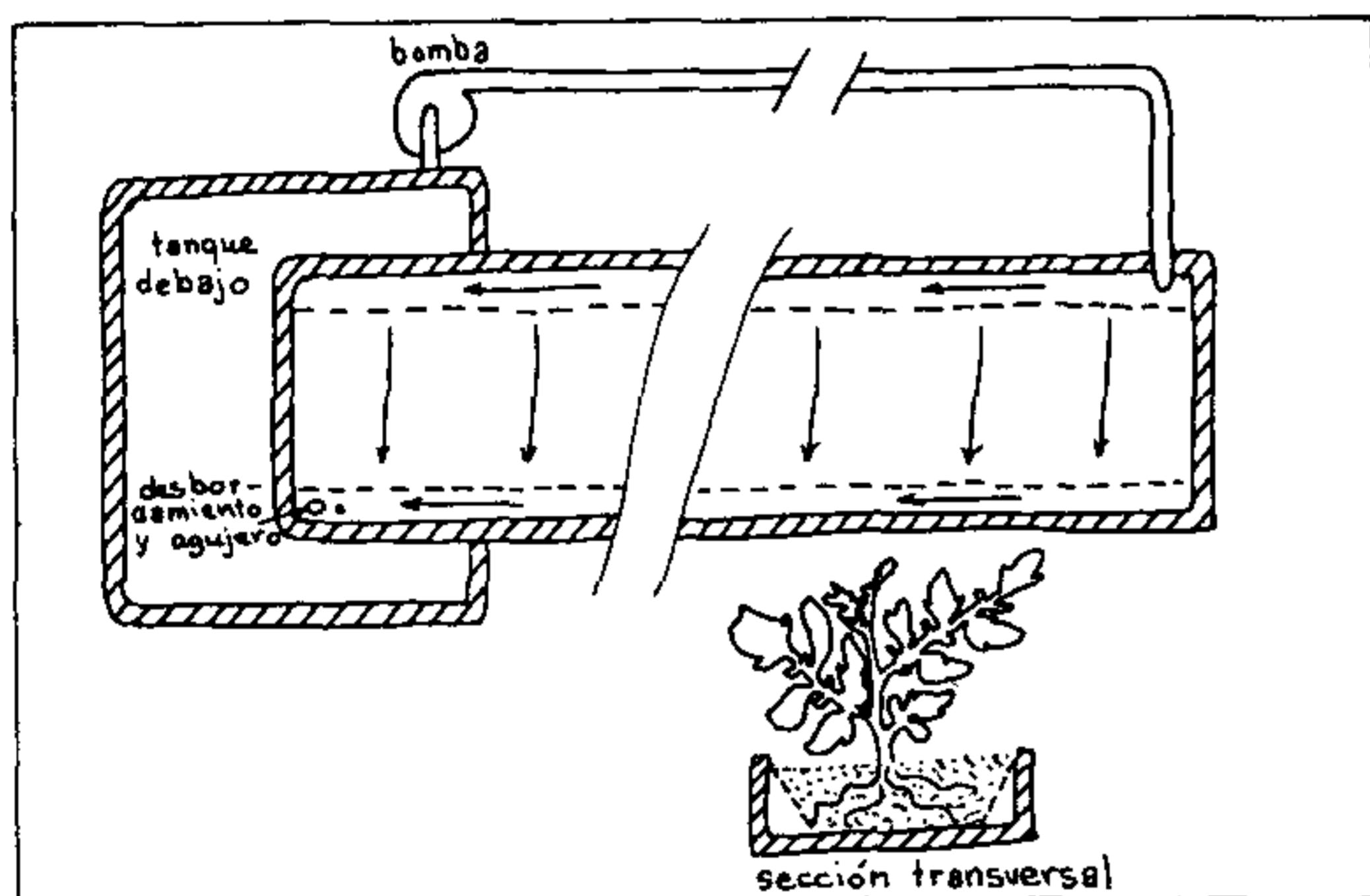


Fig. 6.- El sistema Halandés para el cultivo en grava modificado para una gran instalación.

tuadas como una pared inclinada al sentido longitudinal de la pared de la cama. Muchas modificaciones son posibles, por ejemplo tubos perforados o conductos abiertos. Siempre los conductos o tubos tienen que ser tan anchos que la solución puede circular libremente, sin resistencia límite. Esto es para suministrar más o menos la misma presión en la grava en cada sitio. La distancia de transporte a través de grava solamente es el ancho de la cama hasta la pared opuesta. Para instalaciones grandes tenemos métodos sencillos para ejecutar esta manera de regar, aún en terrenos inclinados.

Entre dos riegos las raíces de las plantas pueden tomar el oxígeno de la

bien aireada solución nutritiva adherida a las raíces. No obstante, dentro de un tiempo breve esta solución adherida será más o menos anaerobia y necesitamos nuevo riego para traer oxígeno de nuevo a las raíces. Se ha probado que tenemos producciones más altas con por lo menos 7 riegos por día, solamente porque tenemos que traer de nuevo oxígeno a las raíces. Esto es relativamente caro.

OTROS SUSTRATOS Y METODOS

Algunos otros sustratos tendrán atención durante este congreso. Ya he mencionado vermiculita, un sustrato más o menos degradable. Todos los métodos usando vermiculita tienen el nombre "Vermiculaponía", como sugerido por Bentley en el año 1.955.

Lana de piedra (Rockwool), realmente una clase de lana, pero completamente inorgánica, y principalmente usada para proyectos de aislamiento, está comenzando muy popular como un sustrato para hidroponía en los Países Escandinavos y en los Países Bajos, donde no teníamos ninguna aplicación comercial en la época 1.974 - 1.975, y ya hay 8 en la época 1.975 - 1.976.

La Secretaría del IWOSC recibe muchas preguntas sobre "grass growing incubators" (instalaciones para producir hidropónicamente hierbas verdes para ganado). Desgraciadamente, no tenemos ninguna conferencia sobre este asunto durante este congreso.

NUTRICION DE LAS PLANTAS

Un día durante este congreso será especialmente dedicado a la nutrición de las plantas. Ya durante nuestro congreso en Sassari en el año 1.973 yo personalmente he explicado que las plantas tienen una capacidad muy fuerte para seleccionar iones; de las soluciones nutritivas aún pueden ser extraídos completamente el nitrato, el fosfato, etc., antes de que las

plantas tengan una falta de estos elementos.

De esto resulta la conclusión que solamente tenemos que guardar una cierta adecuada concentración total de los iones en la solución nutritiva, especialmente para sus influencias físicas, y que aparte de esto, solamente tenemos que reemplazar estos iones que han sido consumidos por las plantas (Steiner en los Proceedings de IWOSC 1. 973). Sin embargo, muchos fracasos erróneamente son inculcados a la composición de la solución nutritiva, mientras en realidad las dificultades son causadas por imperfectas circunstancias físicas en el ambiente de las raíces.

Claro, esto no significa que todos los problemas han sido resueltos.

CULTIVO SIN TIERRA PARA LA EMBELLECIMIENTO DEL AMBIENTE.

Por último quisiera decir algunas palabras sobre un método de cultivo sin tierra sin objeto comercial de producir plantas. Aspiro al crecimiento de las plantas para el embellecimiento, haciendo más agradable el ambiente en el cual la gente vive y trabaja, es decir cultivo sin tierra en la casa, la oficina y la industria.

Para este proyecto se puede usar cultivo en grava como he mencionado anteriormente, con un tanque y una bomba que bombea la solución a camas con plantas ornamentales. Este método, el sistema Americano para cultivo en grava con una aireación buena de la solución nutritiva misma, está aplicado con éxito en casas y oficinas por Ranseder en Austria, que ha presentado una interesante introducción sobre estas posibilidades durante nuestro congreso en 1.969 aquí en Las Palmas (Los Proceedings IWOSC 1. 969). El tiene diferentes posibilidades. En edificios grandes usa un tanque central en el sótano del edificio y las camas en los dife-

rentes pisos y habitaciones están conectadas con el tanque por una red de tubería. Una bomba grande lleva la solución nutritiva a las camas y el drenaje es por gravedad. Esto da resultados excelentes, claro, con las restricciones causadas por el clima en las habitaciones y oficinas; muchas veces tendrá una falta de luz. La desventaja de este sistema de cultivo en grava es una falta de flexibilidad. Hay tubos fijados, pues el sitio elegido una vez para las camas es difícil de cambiar. Para solucionar este problema se puede dotar a cada cama de su propia tanqueta con una bomba pequeña y un motor eléctrico. Ranseder también instaló muchas camas con ornamentales de esta manera. Aquí solamente necesita un cable flexible a una conexión eléctrica en la pared o en el suelo. Especialmente en oficinas esto todavía puede ser molesto porque todavía hay una conexión con un cable que da limitaciones en las colocaciones, a menos que tengamos muchas conexiones eléctricas en el suelo.

Para evitar esta dificultad, hay otro método, usando camas con una solución nutritiva sin circular, es decir sin usar tanque, ni bomba. Muchas pruebas han sido hechas para realizar esto en los años cincuenta, testigo las muchas publicaciones en los 1.950 - 1.953 en el apéndice "Hydrokultur" del periódico "Erde und Ernte" y en el periódico "Die Pflanze", publicado en 1.953, ambos en la República Federal Alemana. "Die Pflanze" fué un periódico especialmente dedicado al cultivo sin tierra. Durante este tiempo lo principal era una maceta o vaso perforado con un sustrato sólido, por ejemplo grava, en el cual las plantas se quedan, como maceta interior dentro de una maceta o vaso más grande, conteniendo una capa de solución nutritiva no circulante. Las raíces de las plantas tienen que penetrar en la solución nutritiva para consumir agua y nutrientes. Esta

nunca fué un éxito por falta de oxígeno para las raíces en la solución nutritiva, aunque algunas plantas han demostrado ser más o menos resistente contra este mal tratamiento.

Todavía, por último un método provechoso ha sido desarrollado, es decir una maceta con un sustrato poroso y con una capa de solución nutritiva sin

circular en el fondo de este sustrato. Este sustrato tiene que tener tal porosidad para que suba suficiente solución a las raíces en el sustrato, al mismo tiempo también dando suficiente espacio en el sustrato para garantizar un suministro suficiente de oxígeno.



Experiencias en sistema Felippo en el Centro Internacional para la Hidroponía del Servicio Agrícola.