

HIDROPONÍA EN NAVARRA



ÁREA DE INVERNADEROS:

JAVIER SANZ DE GALDEANO - AMAYA URIBARRI - SALOMÚN SÁDABA - GOYO AGUADO - JUAN DEL CASTILLO

ÁREA DE PROTECCIÓN DE CULTIVOS: RICARDO BIURRUN

Cultivar sin depender del suelo, fuera de él, ya no es en Navarra una técnica novedosa. Viene empleándose de forma plenamente comercial desde hace 4 años, momento en que la invernaderista

Carolina Irigoyen y su marido se iniciaron en la misma.

En el ITG Agrícola llevamos 7 años desarrollando y poniendo en marcha esta técnica y al alcance del invernaderista. Hoy son 8 las explotaciones que cultivan en hidroponía; tanto en cultivos hortícolas, fundamentalmente tomate, como en cultivos de flor cortada. En ambos supuestos con una calidad excelente. Y son varios más los que están

estudiando sumarse a este tipo de técnica.

Hemos llevado a cabo los principales ensayos en tomate, si bien se han realizado aproximaciones a otros cultivos, como alubia verde, lechuga, acelga y borraja. Estos y otros más serán objeto de desarrollo en experimentaciones futuras. No olvidamos los cultivos de flor cortada, de los cuales existen ya dos explotaciones comerciales y próximamente es posible que se sume alguna más.

Antes de presentar los resultados, nos parece conveniente describir, aunque brevemente, en qué consiste la hidroponía. Pretendemos realizar una explicación somera, pero comprensible, para acercar el tema al lector interesado, a sabiendas que será incompleto e incluso puede resultar "árido".

1

DEFINICIÓN DE HIDROPONÍA

Es una técnica que consiste en desarrollar cultivos, cuyas raíces se localizan fuera del suelo.

Las preguntas que surgen son:

- a) ¿en dónde se desarrollan entonces las raíces?
- b) ¿cómo se alimentan los cultivos?

Y las respuestas son sencillas:

- a) Se desarrollan en sustratos distintos al suelo natural, como perlita, lana de roca, fibra de coco y otros materiales inertes.

Teóricamente estos sustratos son inertes y por sí mismos no aportan ningún tipo de nutriente. Además están esterilizados. Son por lo tanto inactivos, tanto desde el punto de vista nutricional como sanitario.

Actúan, únicamente, como un medio físico donde se fijan las raíces y por otro lado como reserva de agua.

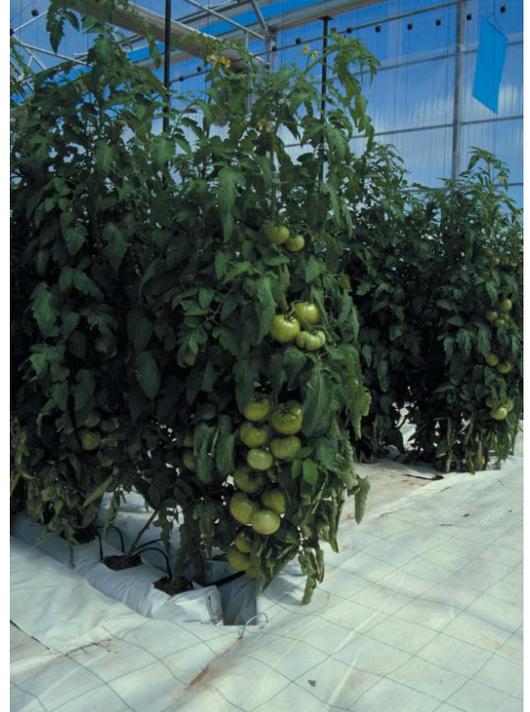
- b) Los cultivos se alimentan por los abonos que, aportados al agua de riego y disueltos en ella, son absorbidos por las raíces. Por lo tanto, en cada riego reciben todos y cada uno de los elementos nutritivos necesarios para su correcto crecimiento, en unas concentraciones adecuadas.

Esta es la técnica de hidroponía más común, la realizada sobre sustratos contenidos en sacos o en contenedores especiales.

Conviene reflejar simplemente aquí que, bajo este mismo nombre de hidroponía o cultivos sin suelo, se engloban toda una serie de técnicas diferentes, que no dejan de ser variaciones de la misma idea. Sistema de corriente continua de nutrientes (NFT), sistemas flotantes, cultivos aeropónicos, etc.

VENTAJAS DE LA TÉCNICA DE HIDROPONÍA

- Evitan la realización de laboreos en el suelo, ya que se prescinde de él.
- Mayor precocidad en la recolección y asimismo mayor producción respecto al cultivo en suelo. Esto es así,



ya que podemos suministrar al cultivo las condiciones de desarrollo "ideales" tanto desde el punto de vista nutricional, a través de la fertirrigación, como climáticas. Posibilidad de climatizar el invernadero, tanto en su parte aérea, cómo a nivel de las raíces que les permite realizar su actividad biológica.

Hay que considerar que los cultivos tienen por sí mismos un potencial productivo determinado genéticamente. Si las condiciones de desarrollo son las adecuadas, el cultivo empleará todo su potencial y energía en alcanzar esa meta productiva.

Esto no ocurre en muchas ocasiones en los cultivos en suelo, ya que las plantas deben producir en suelos más o menos "problemáticos", como por ejemplo con concentraciones salinas altas, encharcamientos, con problemas sanitarios, bloqueos de algún elemento nutritivo por condiciones inadecuadas de pH, temperatura, etc.

En hidroponía, todos estos factores están controlados y regulados de forma que el cultivo solamente debe preocuparse por crecer y producir. De esta manera se alcanzan mayores producciones (de un 10 a un 20% más, para el mismo período productivo) y la posibilidad de una mayor precocidad o de una producción continuada a lo largo de todo el año, según el tipo de cultivo o de la precocidad de los mismos, en función de la temperatura que manejen.

Las características cualitativas (gusto, color, dureza) de los cultivos, vienen determinadas principalmente por la propia característica varietal. Bien es verdad que en este tipo de cultivo podemos actuar sobre algunos de ellos incidiendo en la concentración de sales que aportemos.

Otras ventajas son:

- Mayor sanidad del cultivo a nivel radicular. Partimos de sustratos esterilizados por el propio proceso de fa-



Cultivo joven, con colmena de abejorros.

bricación, exentos de patógenos.

- Se evitan la contaminación del suelo y acuíferos, ya que el sistema permite recoger los lixiviados que se producen, de forma que no vayan al suelo.
- Además, estos lixiviados pueden volver a utilizarse como base de la solución nutritiva, con el consiguiente ahorro de abonos y agua. Y en el peor de los casos, pueden recogerse y reutilizarse como abonados de cultivos extensivos, bien hortícolas, frutícolas, girasol, maíz e incluso praderas.
- Mayor eficacia energética, pues el agua es absorbida por la planta de forma fácil, sin necesidad de gastos excesivos de energía, al encontrarse en un medio adecuado en cuanto a nivel de salinidad y equilibrio entre los distintos elementos nutritivos.
- Todo ello redundará en una mayor fortaleza del cultivo, por lo tanto en una mayor defensa ante las plagas y enfermedades y por último en esa mayor y mejor producción antes referida.

INCONVENIENTES DE LA TÉCNICA DE HIDROPONÍA

Nos gustaría matizar, ya que estos inconvenientes deberíamos considerarlos entre comillas. Algunos de ellos deberían ser tomados como un objetivo a lograr, dentro de cualquier explotación de invernaderos, independientemente de la técnica a utilizar.

La hidroponía exige:

- **Mayor nivel técnico del invernaderista.** Trabajar con cultivos en hidroponía, supone manejar habitualmente y entender conceptos como pH, conductividad eléctrica, etc, aunque también deberían ser conocidos no sólo por el invernaderista, sino por cualquier agricultor; horticultores, fructicultores o cerealistas. Pero es claro que exige una mayor implicación en el seguimiento del cultivo, para evitar así la aparición de posibles problemas.
- En este orden de problemas, podríamos citar la rea-

lización de la Solución Nutritiva. Pues bien, prácticamente todos nuestros socios se la confeccionan ellos. Lo han aprendido sin mayor problema, aunque surjan dudas y consultas, pero ya la confeccionan ellos, lo que va en perfecta sintonía con nuestra idea de que no queremos "invernaderistas ITG -dependientes".

- **Instalaciones adecuadas.** Para sacar el máximo rendimiento a esta técnica, el resto de parámetros que influyen en el desarrollo del cultivo deben ir en consonancia. Invernaderos capilla, dotados de calefacción para cultivo en épocas de primavera y otoño, con elementos de control climático en épocas calurosas (humedad relativa, temperatura e intensidad lumínica) resultan imprescindibles para obtener el máximo provecho de esta técnica. Pero también en el cultivo tradicional en suelo.

En este sentido, cabe indicar que no son imprescindibles, sofisticados cabezales de fertirrigación. Siempre serán recomendables, ya que controlarán perfectamente el aporte y la concentración de abonos, pero no imprescindibles. Un programador de riego, dos inyectores proporcionales, tipo Dosatrón, y dos cubos de preparación de abonos son suficientes.

- **Necesidad de agua de riego de buena calidad.** Dado que en la misma deberemos aportar todos los abonos que va a necesitar el cultivo. Aguas con una conductividad mayor de 2 mS/cm (milisiemens/centímetro) no son aconsejables para el cultivo del tomate. Para otros cultivos más sensibles a las sales, como la alubia verde, gerbera, etc, este nivel de conductividad debe reducirse aún más.

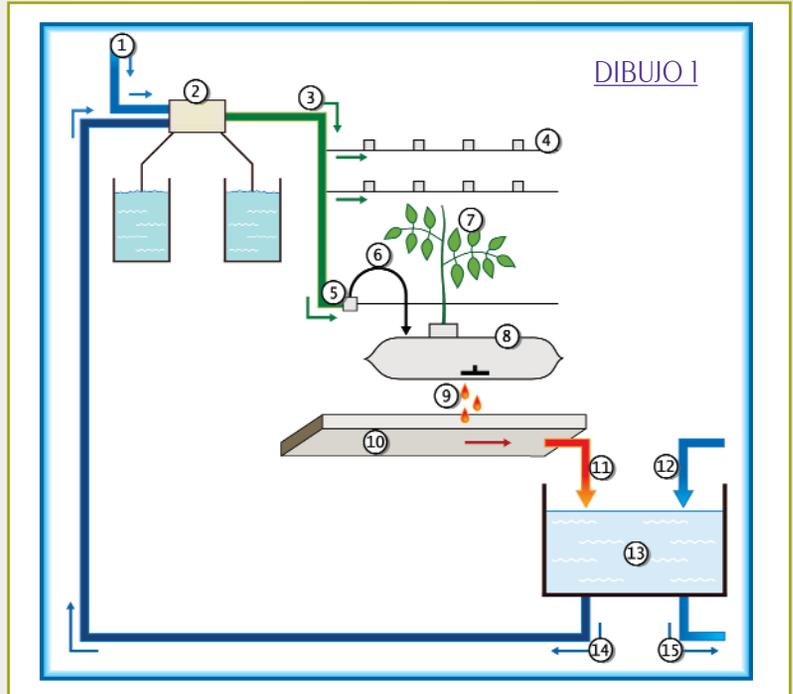
Queremos apuntar, a la vista de estos posibles "inconvenientes", que cualquier persona con un mínimo de formación es capaz de llevar a cabo esta técnica con éxito. Lo que más puede asustar es la confección de las soluciones y, como queda dicho, no ha constituido problema alguno a los invernaderistas que trabajan con esta técnica en la actualidad. Eso sí, hay que vigilar el cultivo y obrar en consecuencia. Hay que "aprender" el lenguaje de las plantas, pero esto resulta igualmente necesario para el cultivo tradicional.

2

ESQUEMA BÁSICO DE UNA INSTALACIÓN DE CULTIVO

LEYENDA DEL ESQUEMA

- 1 - Agua de riego.
- 2 - Cabezal de fertirrigación: inyector de abono, programador, cubos de abono...
- 3 - Solución nutritiva: agua de riego + abonos.
- 4 - Ramales portagoteros.
- 5 - Gotero o emisor de la solución nutritiva.
- 6 - Microtubo.
- 7 - Cultivo.
- 8 - Substrato.
- 9 - Drenaje: solución nutritiva sobrante.
- 10 - Canal de recogida del drenaje.
- 11 - Drenaje.
- 12 - Agua.
- 13 - Solución corregida.
- 14 - Solución corregida que vuelve al cabezal (recirculación).
- 15 - Solución nutritiva corregida que se aplica a cultivos de exterior (reutilización).



Generalizando, podemos describir el proceso de la hidroponía como:

- Una solución del agua y los abonos que se le añaden en el cabezal de fertirrigación (Solución Nutritiva) y se incorpora a los cultivos mediante un sistema de goteros.

- Un porcentaje de esa solución nutritiva debe sobrarle al cultivo, se obtiene un drenaje. De esta manera evitamos que los sustratos donde se hallan los cultivos se salinicen en exceso.
- Este drenaje se recoge, para ser rebajado con agua y proceder a su recirculación, o bien, ser aplicado a otros cultivos.

En hidroponía, cada planta recibe el agua y los nutrientes mediante una red de goteros y microtubos.

Por eso es fundamental que el invernadero conozca muy bien los procesos que dan vida y salud a la planta, ya que cualquier alteración en el sistema de fertirrigación, por exceso o por defecto, afecta al cultivo.



3



ASPECTOS A CONSIDERAR EN LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS

1 EL AGUA DE RIEGO

Es básico conocer las características químicas del agua de riego. Hay que saber qué elementos nutritivos aporta por sí misma, para añadirle las cantidades que falten de cada elemento nutritivo hasta alcanzar los valores que se deseen. Se hacen necesarios análisis periódicos del agua de riego (al menos 2 al año).

Cuanto menos sales contenga, mucho mejor se podrá realizar y ajustar la solución nutritiva. No convienen aguas con elevados contenidos en elementos nocivos para los cultivos, como cloruros o sodio, ya que estos elementos no aportan prácticamente nada en lo que a nutrición se refiere y sin embargo salinizan el agua.

Al añadir el invernadero el resto de sales fertilizantes, aumenta la salinidad del agua, pudiendo llegarse a valores no adecuados para los cultivos.

2 SOLUCIÓN NUTRITIVA

Es la mezcla del agua y los abonos inyectados en el cabezal, que llega directamente al cultivo. En ella van todos y cada uno de los elementos nutritivos que el cultivo necesita.

Los macronutrientes que se añaden al agua de riego en proporciones determinadas, son:

- Nitrógeno, en forma de nitratos (NO₃-)
- Fósforo, en forma de fosfatos (PO₄H₂-)
- Potasio, en forma K⁺
- Calcio, en forma Ca⁺⁺
- Magnesio, en forma Mg⁺⁺
- Azufre, en forma de sulfato (SO₄=)

Como micronutrientes se añaden :

- Boro, en forma mineral
- Cobre, en forma quelatada
- Hierro, en forma quelatada

- Manganeso, en forma quelatada
- Molibdeno, en forma mineral
- Zinc, en forma quelatada

La Solución Nutritiva es diferente en función del cultivo, el momento de desarrollo en que se encuentre y las condiciones climáticas del momento.

3 SUSTRATOS

Son los distintos medios físicos, distintos al suelo natural, en donde se desarrollan las raíces de los cultivos. Proporcionan un medio de reserva de agua y de aireación para las raíces. Pero a diferencia del suelo, por sí mismos no deben aportar ningún nutriente.

Es importante conocer sus propiedades físicas en cuanto a capacidad de retención de agua y aireación principalmente.

Estamos ante un sistema sin suelo, que no dispone del efecto "amortiguador" de la tierra normal. En hidroponía, cualquier alteración, por exceso o por defecto en lo que a la fertirrigación se refiere, se refleja rápidamente en el cultivo, para bien o para mal.

Los sustratos más habituales son:

- a) Perlita: es un material de origen volcánico que se expande debido a un proceso de calentamiento a 1.200°C. Lo habitual es trabajar con un material con un tamaño de partículas comprendido entre 1 y 5 mm de diámetro. Se suministra en sacos alargados de polietileno, de dimensiones variables, o a granel. Es un material que tras su período de vida útil es fácilmente aplicable al suelo de parcelas agrícolas. Los sacos se colocarán siguiendo las instrucciones marcadas en los mismos.

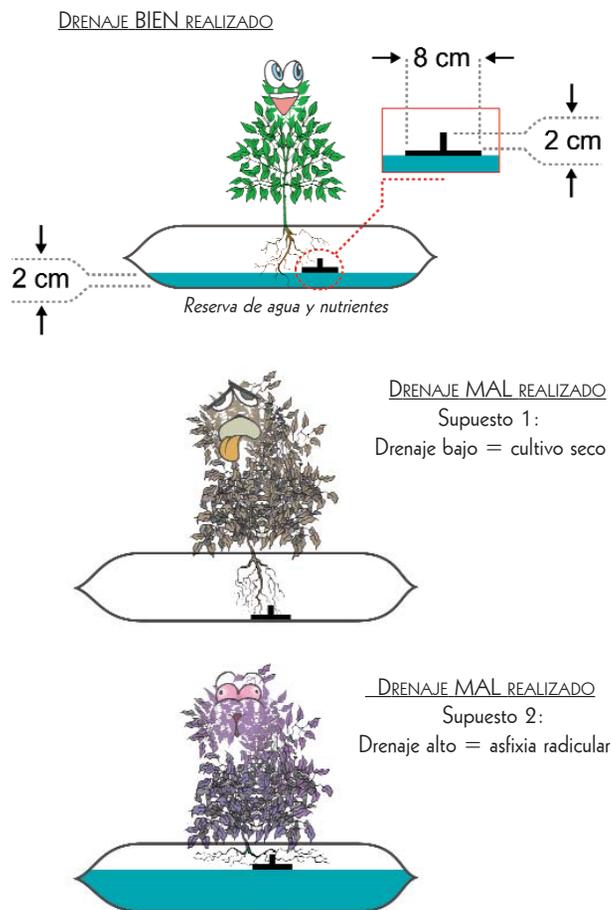
b) Lana de roca: es un material que se obtiene por fundición a 1.600°C de rocas de distinta procedencia. El producto fundido se transforma en fibras a las que se le añaden una serie de mojantes para darle capacidad de absorción de agua. En este sentido, esta capacidad es mayor que la de la perlita. Resulta importante conocer la característica de densidad aparente, para determinar las características físicas (retención de agua y aireación). Se suministra en sacos alargados ("tablas") de polietileno. Es un producto no biodegradable, que tras su período de vida útil genera problemas de residuos. Pueden evitarse estos problemas si fuera, como ocurre en otras zonas, reciclado por empresas al efecto.

c) Fibra de coco: material proveniente de productos derivados del coco, de su fibra y de su cáscara. Tiene cierta conductividad, por lo que conviene lavarla convenientemente con agua antes de iniciar un cultivo. Se adapta muy bien a cultivos en contenedores abiertos y con poca altura. Es un producto biodegradable.

d) Sustratos de origen vegetal: son mezclas de restos forestales, picados a un tamaño de partícula adecuado. También es un sustrato biodegradable. Es importante conocer sus propiedades físicas para su correcto manejo.

Las aberturas de drenaje deben hacerse con un "cúter" a unos 2 cm de la parte inferior de los sacos de cultivo y en su parte central. Se realizarán en forma de T invertida, con un tamaño de unos 8 cm, el corte horizontal, y unos 2 cm el corte vertical. (dibujo 2)

DIBUJO 2 DRENAJE



4 CONTROL DE LIXIVIADOS

Comentábamos la necesidad de un volumen sobrante respecto al volumen de solución nutritiva que se aplica al cultivo. Esta cantidad sobrante (drenaje) evita la excesiva salinización del sustrato. Debe estar comprendido en un porcentaje determinado respecto a la solución nutritiva que entra al cultivo.

Para la mayoría de los cultivos hortícolas, se establece un porcentaje de drenaje comprendido entre el 25 y 30% del volumen de solución nutritiva que se aplica en cada riego, no calculado sobre el volumen total diario.

Un aspecto de gran importancia, es la realización de aberturas de drenaje a los sacos de cultivo. De su tamaño y ubicación puede depender que existan problemas de asfisia radicular o por el contrario poca capacidad de retención de agua.

La solución de drenaje debe ser controlada diariamente por el invernadero, en cuanto a sus características de volumen, pH y conductividad, para tener una idea de qué es lo que está pasando a nivel radicular del cultivo.

De este modo conoceremos cómo funciona la absorción de nutrientes, si toma los adecuados, o si por el contrario tiene dificultad para ello y si el sustrato va salinizándose, etc.

El drenaje debe recogerse mediante canaletas o pequeñas zanjas practicadas al efecto. Para ello, es necesario que las filas de cultivo presenten una pendiente mínima necesaria para permitir su recogida. Pendientes del 0,3% son suficientes. Es importante que la pendiente sea uniforme, esto es, continua, y que no provoque zonas de encharcamientos.

Todo el drenaje recogido del invernadero, se somete

a un proceso de reajuste con agua, bien para ser aprovechado de nuevo por el propio cultivo (recirculación), o reutilizado en otros.

También resulta importante realizar análisis químicos periódicos para conocer su composición nutricional.

5 FRECUENCIAS DE APORTE DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Tras realizar la Solución Nutritiva, la siguiente cuestión que surge es: ¿cuándo o cada cuánto tiempo la debemos aportar?

Lo habitual es hacerlo de forma automática, mediante los sistemas conocidos como "a Demanda" y por "Radiación". Estos sistemas agrupan los riegos en los momentos del día en que más lo necesitan los cultivos. Según esto, a primera y última hora del día los riegos son más distanciados, mientras que en las horas centrales están más próximos unos de otros.

Estos sistemas, adecuadamente instalados y calibrados en el invernadero, tienen la ventaja de que se rigen por la exigencia del propio cultivo, de modo que los riegos se dan cuando el "cultivo lo pide".

A modo orientativo, podemos fijar que en épocas de verano, con planta desarrollada, el cultivo puede "llevar a pedir" alrededor de los 20 riegos al día, de una duración de unos 3,5 minutos cada uno de ellos (dados a través de goteros individuales para cada planta, de un caudal de 3 litros/hora).

Estos sistemas automáticos son los siguientes:

a) A demanda: el riego se produce cuando queda al descubierto un electrodo situado en un recipiente preparado al efecto (cubeta de demanda), que contiene solución nutritiva. En esta cubeta se coloca un saco de cultivo, abierto en su parte inferior. El cultivo va consumiendo esa solución nutritiva, hasta que llega un momento en que el electrodo queda al aire. Entonces automáticamente se lanza un riego, de una duración predeterminada que hace que el electrodo vuelva a quedar cubierto de solución nutritiva. (dibujo 3)

b) Por radiación: El riego se rige mediante un sensor que acumula la radiación emitida por el sol (en watsios/m²). Al alcanzar un valor de radiación predeterminado de antemano, se produce el riego con una duración también predeterminada. El acotar perfectamente ese valor de radiación acumulada es la clave para el óptimo rendimiento de los riegos.

Otra forma de aplicar los riegos es de forma manual, por horario, preestableciendo en el programador las horas de inicio de cada riego y su duración. Es un sistema que implica la continua actuación del invernadero, en función de la climatología diaria. Entendemos que este sistema debería ser de apoyo a cualquiera de los anteriormente citados.

6 MANEJO DEL INVERNADERO

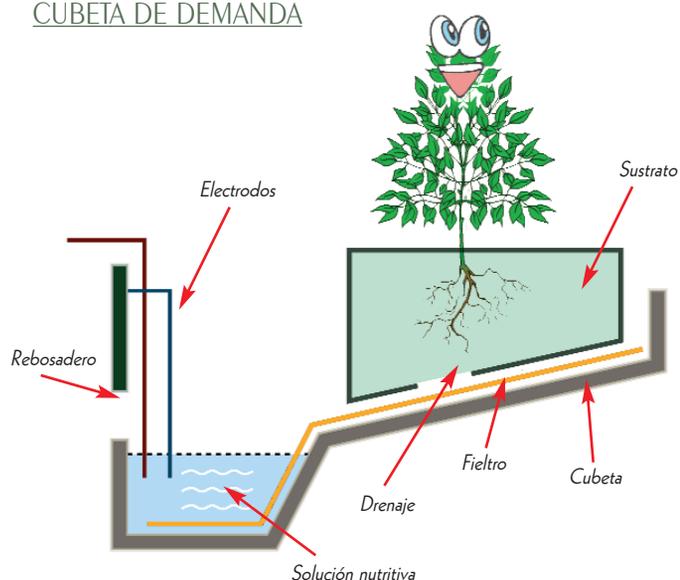
Este aspecto vuelve a ser una vez más el determinante para que se obtengan todas las ventajas de la técnica de la hidroponía.

Con el manejo del invernadero, ajustaremos perfectamente las necesidades climáticas de los cultivos, comprendiendo las necesidades de temperatura, humedad relativa e intensidad lumínica.

Esta técnica será un fracaso, aunque ajustemos perfectamente los nutrientes, si el cultivo se encuentra por debajo de su temperatura mínima biológica. O por el contrario, en condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa, se producirá un cierre estomático que impedirá la absorción de una solución nutritiva, teóricamente perfecta.

De ahí que el controlar todos estos factores se demuestra de una importancia mayor que la realización de la propia solución nutritiva.

DIBUJO 3: ESQUEMA DE CUBETA DE DEMANDA



4 resultados

Resultados de tomate



A) CICLOS DE CULTIVO

Se compararon dos ciclos de cultivo cortos frente a uno largo.

CICLOS CORTOS:

PRIMAVERA: Siembra: primeros de diciembre
 Plantación: primeros de febrero
 Finalización del cultivo: finales de julio

OTOÑO: Siembra: primeros de junio
 Plantación: finales de julio
 Finalización del cultivo: primeros de diciembre.

CICLO LARGO: Siembra: primeros de diciembre
 Plantación: primeros de febrero
 Finalización del cultivo: primeros de diciembre.

De forma general, **los resultados obtenidos señalan que en cuanto a producciones, aunque los dos ciclos dan producciones totales aproximadas, sí se observa un mejor mantenimiento de la calidad, calibres y firmeza de los frutos, en las plantaciones de ciclos cortos.**

La razón es clara. En Navarra los invernaderos aun no se hallan suficientemente dotados. Y así en julio y agosto, especialmente, nos encontramos con dificultades para mantener los cultivos en condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa.

Un cultivo plantado a primeros de febrero, llega a esta época en fase de plena producción y se encuentra con condiciones ambientales adversas. Se produce un decaimiento vital del cultivo. Posteriormente, le cuesta recuperar el nivel productivo tras este período estival. Sigue produciendo en esta época, pero aumenta notablemente la proporción de calibre pequeño y frutos de destrío (podredumbre apical, malas fecundaciones, etc).

En instalaciones donde se puede llevar un adecuado control de estos factores limitantes, como son la temperatura excesiva y la baja humedad relativa, esta situación es netamente diferente.

Experiencias realizadas nos indican que es posible mantener una buena producción (tanto en kilogramos/m², como en calibre de fruto, bajando eso sí la firmeza de los mismos, en función de la variedad) en estos períodos estivales, actuando sobre la humidificación del ambiente. Sistemas como el riego por aspersión, nebulizadores o fog, resultan imprescindibles.

Supuestos muy diferentes pueden ser originados por los precios que en ese período perciba el productor, lo cual unido al trabajo que el cultivo exige en esos momentos, aconseje la realización de dos plantaciones en lugar de una única de febrero a diciembre.

MATERIAL VEGETAL DE PARTIDA:

Es muy importante partir de plantaciones con planta bien desarrollada, vigorosa, proporcionada y con buen estado sanitario. Esto obliga a una producción en semillero diferente al cultivo tradicional.

El objetivo es iniciar la plantación con plantas que presentan el primer ramillete de flor abierta o incluso los primeros frutos cuajados.

Esto resulta básico para cultivos de ciclo primavera. No hay que olvidar que hablamos de plantaciones realizadas en febrero, que van a estar en producción hasta el mes de julio inclusive.

Además, de esta forma, se habrá producido en el semillero y en condiciones óptimas, la inducción floral del segundo y posiblemente del tercer ramillete. La precocidad y producción, con un manejo adecuado del invernadero está garantizada.

Hay que insistir en este aspecto; se debe partir de una planta adecuada. Esto lleva implícito un adecuado manejo desde la fase de semillero, desde las dimensiones del taco, hasta una densidad que puede oscilar entre las 16 a 18 plantas/m², convenientemente fertilizadas, etc.

ENSAYOS REALIZADOS

Los objetivos marcados al abordar esta técnica y su aplicación al cultivo del tomate fueron:

- A) Establecer los ciclos de cultivo más apropiados, obteniendo la máxima producción comercial, calidad y permanencia en el mercado.
- B) Determinar las soluciones nutritivas más adaptadas a nuestras condiciones.
- C) Establecer un sistema adecuado de frecuencias de aporte de la Solución Nutritiva
- D) Estudio y control de posibles enfermedades en sustrato. Vida útil del sustrato.
- E) Acercamiento a gastos de calefacción.
- F) Estrategias de lucha integrada.

y año con este sistema, y con unos 22 ramilletes de flor totales al año (viables).

B) SOLUCIONES NUTRITIVAS

Queremos dejar claro que las soluciones nutritivas empleadas no obedecen a un patrón fijo e inamovible, sino que responden a factores como:

- la propia exigencia del cultivo (característica varietal)
- el propio vigor del cultivo, desde que llega del semillero
- por la climatología del momento (humedad relativa, temperatura, luz)
- de su estado sanitario.

A modo orientativo y de forma general, se establecen las siguientes soluciones nutritivas y su momento de aplicación. Volvemos a insistir en que podrían variar ligeramente dependiendo de cómo sea la evolución del cultivo en cada invernadero. (ver cuadro 2)

PRESENCIA EN EL MERCADO

Es posible tener una presencia en el mercado desde el mes de abril a noviembre inclusive. Sería factible prolongar algo más el período productivo, pero esto estaría supeditado al coste económico asociado al consumo de combustible, en función de las temperaturas de finales de año o de principios de primavera.

FASE 1: DE PLANTACIÓN A INICIO DE RECOLECCIÓN:

Ciclo primavera: primeros de febrero a mediados de abril.

Ciclo otoño: finales de julio a mediados de septiembre.

■ Cuadro 1.

VARIEDAD	CICLO	Producción total kg/m ²	Distribución porcentual por calibres				
			>102	108-82	82-67	67-57	<57
Jack (Seminis)	Largo	35,6	29,4	31,6	19,1	8,9	11
Jack	Primavera	22	39,8	33,8	16,9	5,4	3,8
Jack	Otoño	12,9	32,8	38,4	18,7	6,7	3,1
Antillas (Rijk Zwaan)	Largo	39,2	15,3	40,1	26,7	11,3	6,6
Antillas	Primavera	20,3	16,8	44,9	28,9	7,1	2,2
El Cid (Intersemillas)	Largo	37	12,1	42,3	34,3	7,3	3,8

PRODUCCIONES ALCANZADAS:

A lo largo de estos años hemos trabajado con diferentes variedades, en ciclos largos y en ciclos de primavera y de otoño.

A modo de resumen, de lo ensayado, se muestran en el cuadro 1 los valores de producción y variedades más representativas.

Es posible alcanzar producciones comerciales hasta 36 kg/m²

■ Cuadro 2.

Fase	MiliMol/litro									pH	Ce
	NO ₃ -	PO ₄ H ₂ -	SO ₄ =	CO ₃ H-	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
1	14	2	2	0,5	1,5	7	6	2	5,8	2,4	
2	15	2,5	2,5	0,5	1,5	8,5	7	2,5	5,8	2,8	
3	14	2,5	2,2	0,5	0,5	6,5	6,5	2,2	5,8	2,5	

FASE 2: DE INICIO DE RECOLECCIÓN A PLENA PRODUCCIÓN:

Ciclo primavera: mediados de abril a finales de mayo.

Ciclo otoño: mediados de septiembre a finales de octubre.

FASE 3: PLENA PRODUCCIÓN A FIN DE PRODUCCIÓN:

Ciclo primavera: primeros de junio a finales de julio.

Ciclo otoño: finales de octubre a primeros de diciembre.

En hidroponía, los pequeños cambios que se realizan en las soluciones nutritivas (hablamos de aumentar o disminuir la concentración de algunos abonos en varios miligramos por litro de agua), quedan empañados muchas veces por la propia inexactitud o funcionamiento de los equipos inyector. Esa es la razón por la que las soluciones nutritivas que se emplean habitualmente van diseñadas con un "margen de seguridad" en lo que a cantidades de elementos nutritivos se refiere. Los cultivos los toman o no en función de su estado de desarrollo. Hay que procurar que este margen de seguridad esté lo más ajustado posible.

En este punto nos parece oportuno volver a insistir que es más importante la conducción del cultivo, desde el semillero, que en sí misma la solución nutritiva. Sin que ello quiera decir que se pueda formular y aplicar de cualquier modo.

C) SISTEMA Y FRECUENCIA DE APORTE DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Este es un aspecto de capital importancia. Podemos partir de una solución perfecta y realizar una aplicación nefasta.

Nos inclinamos claramente por el uso de cualquiera de los dos sistemas de aporte automático descritos con anterioridad, por cubeta de demanda o por sensor de radiación, pero complementándolos con riegos programados por horario.

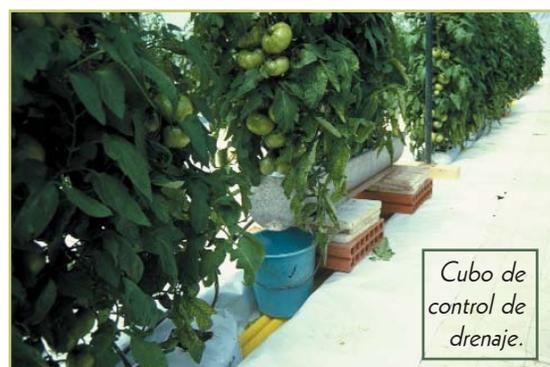
En nuestras condiciones, es muy importante el dar al menos 2 riegos nocturnos (especialmente en verano) y al menos otro al amanecer, con objeto de hidratar el sustrato de cara al comienzo del día y la

activación de los riegos automáticos.

De esta forma, al amanecer, el cultivo está hidratado, entrando inmediatamente en actividad. De lo contrario, se obtienen proporciones de drenaje muy bajas en los primeros riegos del día y cierta salinización en el sustrato, con el consiguiente estrés del cultivo.

Establecemos un intervalo de valores de radiación acumulada válidos para nuestras condiciones, comprendido entre 180 y 230 w/m², en función del desarrollo del cultivo y época del año.

En cuanto a la duración de los riegos, para plena producción y en verano, a modo de resumen, podríamos fijarlos entre 3,5 y 4,5 minutos.



D) ESTUDIO Y CONTROL DE POSIBLES ENFERMEDADES EN SUSTRATO. VIDA ÚTIL DEL SUSTRATO

Las causas por las que pueden aparecer problemas son varias:

- A) Procedente del agua de riego. A través de los riegos sucesivos.
- B) Posible infección proveniente del agua de drenaje que embalsada en algunos puntos de las líneas de cultivo entra en contacto con el sustrato de los sacos.
- C) Por la presencia de un medio favorable debido a la descomposición de la materia orgánica contenida en los sacos de sustrato reutilizados.
- D) Proveniente del semillero.
- E) En función del tipo de sustrato.

Se realizaron ensayos de cultivo en sustratos en donde se había constatado la aparición de plantas enfermas (a nivel vascular, raíces y cuello) en cam-



Los sacos de cultivo se colocan sobre canales de recogida de lixiviados como el de la imagen.

pañías anteriores. En cuanto aparecieron plantas afectadas, se enviaron muestras al Laboratorio del Negociado de Biología Vegetal de Navarra, para la identificación de los patógenos responsables, resultando fundamentalmente *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan y *Rhizoctonia solani* Khün.

En el apartado de tratamientos fitosanitarios, queremos reflejar el hecho de la importancia de conocer previamente el efecto de estos productos sobre los cultivos que se desarrollan sin suelo. Tenemos constatados efectos fitotóxicos de determinadas materias activas en cultivo de tomate (autorizadas al efecto), que sin embargo no aparecen sobre cultivo en suelo. Un ejemplo llamativo es el de los Ditiocarbamatos (maneb, mancozeb, propineb).

Existe un **inconveniente en la aplicación de tratamientos fitosanitarios** a los sustratos con cultivo instalado. **Es muy difícil tener la total certeza de la desaparición de las materias activas** de los productos fitosanitarios en los sustratos, cuando en ellos se encuentran desarrollándose cultivos (salvo análisis de residuos en laboratorio).

Hay que señalar, por otra parte, que ninguno de los tratamientos ensayados erradicó el problema definitivamente, toda vez que el origen de la infección estaba en los sacos.

Para solucionar el problema, las medidas de ac-

tuación posible son:

- En la reutilización de los sustratos, debe hacerse la desinfección de los mismos antes de la implantación del cultivo, aplicando diversos productos (fungicidas, disoluciones de lejía,...) y lavando con agua convenientemente.
- Desinfección de la solución nutritiva y agua de riego. Nosotros no hemos trabajado en este tema, pero por lo que de ellos conocemos, los sistemas actuales de desinfección resultan muy caros (aplicación de ultravioletas, ozonificación, temperatura, filtros biológicos,...) y también algunos de ellos no resultan del todo efectivos. De momento no son sistemas totalmente implantados a nivel comercial.
- No reutilizar excesivamente los sustratos, para evitar la aparición y propagación de las enfermedades.

Nuestra experiencia durante estos años, nos evidencia que partir de sustratos empleados ya con 4 cultivos realizados (2 años con 2 cultivos de ciclo corto en cada uno) es un riesgo claro de aparición de enfermedades, por lo que en principio **no sería recomendable prolongar la vida útil de los sustratos más de 3-4 cultivos**. Es por esta última solución por la que nos inclinamos, mientras no se perfeccionen y abaraten los sistemas de desinfección.

Mientras no se solucionen, en Navarra, los problemas de reciclaje de sustratos no biodegradables, como la lana de roca, **nos decantamos también por aquellos sustratos que no supongan un problema de residuos tras terminar su vida útil, y en concreto por la Perlita**, por sus características de manejo.



Saco abierto de Perlita, mostrando el sustrato y la distribución de las raíces de un cultivo de alubia verde.

E) ACERCAMIENTO A GASTOS DE CALEFACCIÓN

La temperatura mínima de conducción del cultivo a lo largo de los diversos ensayos se estableció en 14 - 15°C, con objeto de garantizar un adecuado

cuajado y unas condiciones mínimas de maduración de frutos. La calefacción empleada ha sido por generador de aire caliente.

Hay que destacar que con este sistema de calefacción la temperatura del sustrato, Perlita, se mantiene en unos parámetros similares a la temperatura del ambiente del invernadero.

De cualquier forma hay que resaltar la ideal respuesta del cultivo a una temperatura de 16 a 18° C.

Se utilizaron asimismo dobles cámaras o pantallas térmicas en primavera y otoño, con objeto de ahorrar combustible.

Los consumos medios de gasoil, para las condiciones de cultivo de Sartaguda, han oscilado entre:

★ **Ciclo primavera:**

15 febrero-26 julio: 6 l/m²

10 Enero-26 de julio: 9,3 l/m²

★ **Ciclo otoño:**

27 julio-15 noviembre: 1,8 l/m²

27 julio-15 diciembre: 4,5 l/m²

F) ESTRATEGIAS DE LUCHA INTEGRADA

En este apartado, los esfuerzos principales se han centrado en el control sanitario del cultivo, utilizando prácticas culturales lo más respetuosas posibles con el medio ambiente.

No es el objeto de este artículo describir la mecánica seguida. Recomendamos leer los artículos de Navarra Agraria Nº: 127 (julio-agosto 2001) y 132 (mayo-junio 2002).

Unicamente queremos reflejar el hecho de que es posible conseguir un perfecto estado sanitario, tanto en lo referente a plagas como a enfermedades, combinando técnicas de manejo, suelta de fauna auxiliar y un par o tres de tratamientos químicos muy concretos y especialmente antes de la entrada en producción y del aporte de la fauna auxiliar.

SITUACIÓN ACTUAL EN NAVARRA



Actualmente, existen 5 hectáreas dedicadas al cultivo sin suelo. Esta superficie se encuentra dividida entre cultivos de tomate y de flor cortada. Las características de estas explotaciones permiten obtener producciones de alta y reconocida calidad en el mercado.

En fase de preinstalación y estudio, se encuentran aproximadamente entre unas 13 a 15 ha.

El potencial productivo de la técnica de hidropónía está fuera de toda duda. Si además permite obtener productos de alta calidad, utilizando técnicas respetuosas con el medio ambiente, el porvenir que se avecina es muy interesante y prometedor.

Esto exigirá estar en constante evolución y al tanto de las nuevas tecnologías y avances que se produzcan en este campo.

Por último, queda pendiente la experimentación de la recirculación de los lixiviados de drenaje. Y asimismo que aquellos productores que no la realicen, reutilicen el lixiviado, debidamente recogido, en alguno de los cultivos citados con anterioridad.



Un sencillo cabezal de fertirrigación como el que aparece en la imagen es suficiente para realizar esta técnica.