

CAPITULO 5

Fertirrigación del pimiento dulce en invernadero

Antonio L. Alarcón Vera

► El pimiento (*Capsicum annuum L.*) es una solanácea originaria de América del Sur, de la que España es líder de exportación en los mercados europeos. La superficie protegida de este cultivo ha venido aumentando año tras año en todo el país, con pequeños altibajos debidos principalmente a los precios alcanzados en la campaña precedente. El cultivo de pimiento en invernadero se centra en dos provincias principalmente, Almería con unas 8.000 ha actualmente, donde se implantan cultivos de otoño (transplantados en julio y agosto principalmente y que vienen a finalizar en enero-febrero) y Murcia, con unas 1.400 ha en la actualidad, fundamentalmente en la comarca del Campo de Cartagena, donde se implantan cultivos de primavera (transplante en octubre-noviembre y finalización en junio-julio). En otras zonas (Alicante, Valencia, Castellón) se tiende a plantaciones más tardías, semiforzadas o al aire libre.

La actual situación de los cultivos protegidos en el área del Mediterráneo tiende hacia una estabilidad de la superficie cubierta con un incremento del nivel de tecnificación y de calidad de cosechas producidas. El pimiento no es una excepción, y cada vez son más las explotaciones provistas de equipos automatizados de fertirrigación, invernaderos con cierto grado de control climático (calefacción, ventilación automática, etc.) y cultivos fuera de suelo que plantan pimiento generalmente a partir de julio para obtener frutos extratempranos en otoño que alcanzan buenos precios en el mercado. Otros cultivadores, sin embargo, optan por las plantaciones bajo unas instalaciones obsoletas con sistemas rudimentarios de dosificación del abono y sin invertir demasiado en los cuidados del cultivo. Esto lleva a rendimientos normales en estas instalaciones de 3-4 kg/m² en pimientos tempranos tipo California o tipo Lamuyo.

La fertirrigación como su nombre indica es la aplicación conjunta del agua de riego y los fertilizantes, analizaremos por separados los dos componentes: nutrición hídrica y nutrición mineral de los cultivos de pimiento

con fertirrigación en invernadero, distinguiendo los cultivos hidropónicos (sin suelo) de los tradicionales en suelo o en arenado.

OPTIMIZACIÓN DE LA NUTRICIÓN HÍDRICA

La falta de información sobre las necesidades específicas de riego (frecuencia y dosis) para zonas y especies determinadas, se ha intentado compensar con el aporte de cantidades excesivas de agua y fertilizantes. El relativo bajo costo de los fertilizantes empleados, inferior al 5% del coste total de producción en invernadero, ha favorecido su mala aplicación en fertirrigación, lo que se traduce en grandes pérdidas de los mismos con el agua de drenaje causando importantes focos de contaminación de acuíferos en regiones de elevada concentración de invernaderos. La necesidad de un desarrollo tecnológico de los cultivos que sea respetuoso con el medio ambiente, tanto por valores ecológicos como por imperativos de las directivas de la Unión Europea, nos hace replantearnos el uso que se hace del agua y los fertilizantes.

La evaluación de las necesidades hídricas de un cultivo no es tarea fácil. Los términos que gobiernan el balance hídrico, aporte de agua, drenaje y reserva de agua son variables, además ni las parcelas, ni los cultivos, ni el reparto del agua de riego son perfectamente homogéneos. En riego por goteo o RLAF (Riego Localizado de Alta Frecuencia), por definición se han de aportar riegos frecuentes de pequeño volumen. Aquí el suelo pierde casi totalmente su función de reserva o almacén de agua pasando a ser un mero transmisor entre el emisor y la raíz del cultivo.

Bajo estas condiciones, los equipos automatizados de fertirrigación deben desempeñar un papel preponderante, siendo deseable el aporte de riegos a dosis fija previa-



Pimiento dulce de primavera tipo California en suelo

mente calculada que nos permita el lavado de sales del perfil sin despilfarro excesivo de agua, y de frecuencia variable, dando comienzo el riego cuando se recibe una señal que indica déficit hídrico. Esta señal puede ser dada por medidores de agua del suelo (sonda de neutrones, TDR), medidores del potencial de agua en el suelo (tensiómetros, bloques porosos), sondas de conductividad eléctrica (CE) en suelos salinos (necesidad de lavar), lectura de temperatura de superficie de la planta (termómetro de infrarrojos), medida del potencial de agua del xilema mediante cámara de presión, medida de la microvariación dimensional de órganos de la planta, sensores de radiación (solarímetros que disparan el riego al alcanzar cierto valor de radiación acumulada), unidades evapotométricas que actúan de modo similar, etc.

La fracción de agotamiento se define como la cantidad de agua que puede ser extraída antes de que el cultivo comience a disminuir su tasa de evapotranspiración y en pimiento constituye un 25-30% del agua disponible calculada por diferencia entre los contenidos a capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Pardo 1995), que dependen fundamentalmente de la textura del suelo o las características físico-químicas del sustrato. Resulta interesante mantener el cultivo sin alcanzar estos límites, especialmente durante la floración y el cuajado, períodos en los que el pimiento es extremadamente sensible a una deficiencia hídrica. En fertirrigación en invernadero, el riego debe suplir las pérdidas por evapotranspiración más

el lavado de sales en caso de aguas y/o suelos salinos (drenajes). La gestión del clima en el interior del invernadero es determinante para el control del nivel óptimo de transpiración (pérdidas) y ajustar de este modo los aportes hídricos. El uso adecuado del sombreado, ventilación, humidificación y calefacción (en su caso) contribuirán a una mayor eficiencia en el consumo de agua y elementos minerales.

Para el cultivador de pimiento en suelo o en arenado, la forma más sencilla de gobernar el inicio de los riegos es la instalación de una batería de tensiómetros a distinta profundidad que permita evaluar la humedad del entorno radical (en pimiento cerca del 75 % del sistema radicular se encuentra en los primeros 30-40 cm del suelo). Los situados a mayor profundidad nos informan sobre la pérdida del agua de drenaje que escapa de la zona de actividad radical. Las necesidades de drenaje deben ser calculadas en función de la salinidad del suelo y agua de riego. Se deben mantener lecturas entre 11-14 cb en el menos profundo (15-20 cm). Se coloca otro en función de la profundidad de enraizamiento (30-50 cm dependiendo del tipo de suelo), que permite controlar el movimiento del agua en el entorno radicular. Para conocer las pérdidas de agua por drenaje profundo se ha de colocar un tercer tensiómetro ligeramente más profundo; valores inferiores a 20-25 cb en este último tensiómetro indicarán importantes pérdidas de agua por lixiviación.

La instalación de sondas de succión o medidores de CE a distinta profundidad también nos sirve para este cometido. El pimiento es un cultivo moderadamente sensible a la salinidad, la CE del entorno radical no debe subir demasiado respecto a la solución nutritiva aportada. La fórmula de Maas-Hoffman relaciona linealmente la salinidad del suelo y la producción de los cultivos:

$$P = 100 - b (CEe - a)$$

P: % de producción respecto al máximo
 CEe: CE del extracto de saturación del suelo
 a y b: 1.5 y 13.8, respectivamente para el pimiento.

De este modo para no descender por debajo del 90% de producción se necesitaría no pasar de 2.2 mS/cm en el extracto de saturación del suelo.

Las necesidades de drenaje vienen dadas por la fórmula siguiente (Doorenbos y Pruitt 1976):

$$ND = \frac{CEa}{2 \text{ Max } CEe}$$

CEa: CE del agua de riego

Máx CEe: máxima CE del extracto saturado tolerable para un cultivo; 8.6 en el caso del pimiento.

Conviene recortar los riegos tras el asentamiento de la planta para potenciar el crecimiento radical; además un exceso de humedad durante la primera floración puede

provocar caída de flores. En cualquier caso, son preferibles dosis bajas y frecuentes a aplicaciones importantes y espaciadas.

Para un cultivo de pimiento de primavera de noviembre a julio, con 2.5 plantas/m² se pueden estimar aproximadamente las necesidades hídricas diarias en l/m² mostradas en la tabla 1, aunque debe quedar claro que tales cantidades dependen de multitud de factores como desarrollo del cultivo, tipo de suelo, tipo de instalación, calidad del agua de riego, condiciones climáticas, etc. Estos aportes suponen alrededor de 1 m³ por m² de invernadero, un 20-30% menos de agua que en riego tradicional. El acolchado del terreno con plástico negro permite unos ahorros de agua cercanos al 20 %.

Nutrición hídrica en cultivo hidropónico

La frecuencia y volumen de riegos debe adaptarse al sistema de cultivo, al tipo de sustrato usado (volumen y características físico-químicas), al estado fenológico de la plantación y a las condiciones climáticas existentes en cada momento. Es obvio que las necesidades hídricas varían notablemente a lo largo del día y de un día para otro. En un cultivo tan tecnificado como el hidropónico no podemos permitir que las plantas sufran estrés hídrico que afecte su rendimiento final o despilfarros de solución nutritiva (agua y fertilizantes). Es necesario que las plantas reciban toda y nada más que el agua necesaria y en el momento que la precisan. La programación horaria de los riegos no es actualmente un método válido, por muy ajustados que éstos sean se trata de una estimación subjetiva y un día nublado puede implicar exceso de aporte respecto a la cantidad de agua necesaria y un día excepcionalmente caluroso se traduciría en déficit hídrico temporal para la plantación. Actualmente existen en el mercado numerosos métodos capaces de solucionar este problema, son los denominados métodos de riego por demanda, sensores de radiación, unidades evaporimétricas, tensiómetros, etc. El sistema más extendido y que ofrece excelentes resultados es la instalación de una bandeja de riego por demanda. Este dispositivo consta de una bandeja soporte sobre la que se sitúa el sustrato (generalmente dos unidades para perlita o lana de roca) con sus plantas correspondientes, el agua de drenaje se acumula en la parte más baja de la bandeja (que lleva un orificio para desalojar parte del excedente drenado) donde se sitúan uno o varios electrodos que accionan el riego cuando los procesos evaporativos y de succión directa de las raíces así lo indican. Este sistema permite la obtención del drenaje prefijado de forma uniforme lo que evita despilfarros de agua y fertilizantes o estrés hídrico o salino temporal, si el drenaje estimado es el idóneo, ya que el aporte de agua se corresponderá con la evapotranspiración que en cada momento sufra la planta.

En cualquier caso interesan riegos numerosos y cortos (hasta 20 diarios según las condiciones agroclimáticas). Si observamos el transcurso de un riego en cultivo hidropónico, al tratarse de sustratos con volumen limitado por planta y mantener siempre un estado hídrico óptimo, a los pocos segundos de comenzar a caer la solución



Pimiento en cultivo hidropónico, con calefacción mediante tubería corrugada y acolchado con plástico blanco

por la piqueta de goteo, se inicia el drenaje del sustrato que lava la acumulación de sales que pueda haber tenido lugar. Llega un momento a los 1-2 minutos (si el control hídrico es bien llevado) que la solución aportada es prácticamente la misma que la de salida, el prolongar durante más tiempo el riego supone un gasto innecesario de agua y fertilizantes.

Para el pimiento interesa que la CE de la solución nutritiva no exceda de 2-2.5 mS/cm. De esta forma se puede trabajar con drenajes del 15-20%, sin que suba mucho (no más de 4.5 mS/cm) la CE en el sustrato. Con aguas de peor calidad hay que aumentar el volumen drenado, lo que supone un mayor gasto de agua y fertilizantes, para evitar la acumulación de elementos fitotóxicos (Cl⁻ y Na⁺, sobre todo) y el excesivo aumento de la CE en el sustrato.

EL PIMIENTO EN CULTIVO HIDROPÓNICO - NUTRICIÓN MINERAL

De todos los cultivos hortícolas protegidos de gran extensión, el pimiento pasa por ser el que peor se adapta al cultivo hidropónico. Tal vez sea la frecuente pérdida de masa radical el principal problema, para evitar esto el sustrato debe ser homogéneo para no producir diferencias ni cambios bruscos de humedad y con buena inercia térmica; su disposición debe ser perfecta sin pendientes ex-



Pimiento en invernadero de cristal con aprovechamiento de los tubos de calefacción para facilitar la recolección



Pimiento sobre sacos de arena con calefacción de apoyo

Cuadro 1:

Cantidades diarias de agua en l/m² estimadas para un cultivo de pimiento dulce de primavera en invernadero con riego por goteo

<i>Diciembre</i>	<i>Enero</i>	<i>Febrero</i>	<i>Marzo</i>	<i>Abril</i>	<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>
1.0	1.5	2.0	4.0	4.5	6.0	7.0	8.0

cesivas, y sobre un firme correctamente nivelado y el volumen de sustrato por planta debe ser el adecuado. El pimiento es muy sensible a la asfixia radicular en invierno y a las temperaturas altas y bajas. La falta de humedad, el exceso de CE en el sustrato, o la carencia de boro (elemento que el pimiento requiere en notable cuantía), son otras causas de la muerte de raíces en pimiento.

Las exigencias en cuanto a temperatura hace que si el sustrato tiene una escasa inercia térmica, puedan producirse bastantes bajas tras su plantación en verano, fecha normal de transplante del pimiento en hidroponía (Almería). Una vez superados los problemas mencionados, se comporta bastante bien en cultivo hidropónico, mostrando mayor precocidad, producción y calidad de frutos. Presenta un desarrollo inicial y un cuajado superior al cultivo en suelo, lo que nos lleva a la necesidad de aclarar flores y frutos para que exista una buena producción. A veces se recurre a blanquear menos, con lo que limitamos el cuaje y aumentamos la posibilidad de obtener frutos aún más precoces; ahora bien, en este caso, debemos controlar muy bien el exceso de temperatura ambiental y en el sustrato. La ventilación es importante cuando aparecen flores y cuajan los primeros frutos, facilita el endurecimiento de la planta en las primeras fases del cultivo, aunque en invierno puede resultar peligrosa.

Con las observaciones anteriores y realizando unas correctas labores culturales (poda, entutorado, etc.) se pueden lograr 10-11 kg/m² con un marco de plantación de 2.3-2.5 plantas/m² para un pimiento de otoño tipo California. Estos resultados pueden incrementarse con calefacción de apoyo, ya que es sabido que el pimiento responde muy bien a la misma.

La racional conducción de la hidroponía implica el conocimiento no sólo de los procesos fisiológicos relativos a la absorción mineral e hídrica, sino también de otros aspectos como la respiración, la fotosíntesis y la transpiración que están estrechamente ligados con los primeros. El empleo de sustratos más o menos inertes, que apenas aportan elementos minerales al cultivo, si exceptuamos la arena de origen calcáreo que suministra cantidades considerables de calcio y magnesio, implica que la nutrición de la planta debe aportarse por completo a través de la solución nutritiva, lo que trae consigo la posibilidad de un control preciso de la nutrición mineral según variedad, momento fenológico, características climáticas, etc., para obtener la mayor rentabilidad al cultivo. Ahora bien, al tratarse de sustratos inertes carecen de capacidad tampón, equivocaciones o fallos en el control de la nutrición mineral o el ajuste del pH pueden ocasionar graves perjuicios, más conociendo la sensibilidad del pimiento.

La nutrición mineral del pimiento en hidroponía debe controlarse según la demanda de la planta mediante los oportunos análisis químicos, sobre todo, de la solución drenaje o la extraída del mismo sustrato. Dependiendo del análisis del agua de riego, la fecha de plantación y las condiciones climáticas se elabora la solución nutritiva de partida. En la tabla 2 se muestra una solución nutritiva orientativa para el cultivo de pimiento en hidroponía. A

Cuadro 2:

*Solución nutritiva orientativa para el cultivo hidropónico de pimiento dulce
(los nutrientes se expresan en mmoles/l y la CE en mS/cm a 25°C)*

NO_3^-	P	K	HCO_3^-	Cl ⁻	SO_4^{2-}	NH_4^+	Ca	Mg	Na	pH	CE
14.0	1.7	5.0	0.5	< 8.0	2.0	0.0-0.5	5.0	2.5	< 8.0	5.5	2.0

Cuadro 3:

*Equivalencias entre la cantidad de los fertilizantes más comúnmente usados
en hidroponía y los milimoles de los distintos nutrientes que aportan*

Iones (mmoles/g fertilizante)	NO_3^-	NH_4^+	$H_2PO_4^-$	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	SO_4^{2-}
Ácido fosfórico 75%	-	-	12.26	-	-	-	-
Ácido nítrico 59%	11.86	-	-	-	-	-	-
Nitrato amónico 33.5%	11.96	11.96	-	-	-	-	-
Nitrato cálcico 15.5% N	10.29	0.78	-	-	4.74	-	-
Nitrato potásico (13-0-46)	9.29	-	-	9.76	-	-	-
Sulfato potásico (0-0-52)	-	-	-	11.04	-	-	5.93
Sulfato magnésico 16% MgO	-	-	-	-	-	3.97	3.96
Nitrato magnésico 11% N	7.86	-	-	-	-	3.90	-

Cuadro 4:

Fertilización de fondo aproximada en kg para 1000 m² de invernadero con pimiento dulce fertirrigado

Estiércol	Sulfato magnésico	Superfosfato de cal	Sulfato potásico	Sulfato amónico
5000	30	30	20	30

partir de estos valores o los adecuados según las características de la plantación, se va ajustando periódicamente la solución nutritiva. Lo más aconsejable es analizar al menos la solución de drenaje cada 15 días. En función de lo que la planta vaya tomando, de las condiciones climáticas y el estado fenológico del cultivo se vuelven a ajustar los nutrientes a aportar.

Para la preparación de la solución nutritiva se suele concentrar 100 veces, separando los fertilizantes incompatibles entre sí, y adicionándolos al 1% al agua de riego en una cuba de mezcla donde se ajusta el pH (normalmente aportando ácidos fosfórico y nítrico) y la CE. Es aconsejable utilizar disoluciones nutritivas de menor concentración (manteniendo el equilibrio) en verano y más concentradas en invierno, ya que en el período estival la demanda hídrica en relación a la demanda mineral es mucho mayor. En la tabla 3 se muestran las equivalencias entre el peso de los fertilizantes más comúnmente usados en hidroponía y los milimoles que aportan de los diferentes nutrientes, estas equivalencias son usadas para la preparación y ajuste de la solución nutritiva.

El nitrógeno se aporta como KNO_3 , $Ca(NO_3)_2$, NH_4NO_3 , $Mg(NO_3)_2$ y/o HNO_3 , según la disolución a pre-

parar y la composición del agua de riego disponible. En pimiento conviene mantener el nitrógeno alto desde el principio, sobre todo si el agua empleada es de escasa calidad y presenta niveles altos de Cl⁻. Con aguas de buena calidad (C.E. < 0.8 mS/cm) se puede comenzar con 12 mM de NO_3^- y 0.5 mM de NH_4^+ . En cultivo hidropónico, generalmente el NH_4^+ se deja de aportar tras el asentamiento de las plantas aportando todo el nitrógeno como nitrato. El amonio nunca se aporta en cantidades altas ya que es una forma fitotóxica en cantidades excesivas, estimula demasiado el desarrollo vegetativo en perjuicio del reproductivo, modifica el pH de la solución del entorno radical e interacciona negativamente con otros cationes.

El pH de la disolución se ajusta a 5.5, mediante el empleo de H_3PO_4 , cuando la cantidad necesaria para fijar el pH excede de la concentración de fósforo a aportar se completa el ajuste con HNO_3 . Con este ajuste se reducen los HCO_3^- del agua de riego hasta 0.5 mM aproximadamente. El total del fósforo se suministra como H_3PO_4 siempre que el ajuste de pH lo permita, sino también se puede emplear fosfato monoamónico. Un exceso en el aporte fosfórico puede producir antagonismos con el NO_3^- y deficiencia de B. Cuando se emplea arena como sustrato, sobre todo si ésta es de naturaleza calcárea, par-



Detalle de una de las horquillas de hierro utilizadas para fijar los tutores en pimiento sobre arena



Plantación de pimiento sobre lana de roca

te del P queda retenido encontrándolo en el drenaje a concentraciones más bajas de lo esperado.

El K se aporta como KNO_3 y en su caso K_2SO_4 . Generalmente se debe aumentar conforme transcurre el cultivo hasta 6,5 mM. Su exceso puede provocar desequilibrios en las relaciones con Ca y Mg, y deficiencia de Mn en invierno. El potasio es crítico para la obtención de un pimiento de buena calidad.

Se recomienda que las aguas de riego no tengan un contenido demasiado alto en Cl^- y Na^+ , el pimiento tolera generalmente más la salinidad que el pepino pero menos que el tomate. No conviene pasar de 8 mM en cloruros y sodio, en el caso de tener valores altos en el agua de riego hay que aumentar los aportes de NO_3^- y Ca^{+2} y ajustar las relaciones catiónicas, así como controlar el aumento de C.E. en el sustrato. Una relación Na/K excesivamente alta puede llegar a destruir células del floema impidiendo la redistribución del sodio, que se acumula en la hoja. De igual forma con una relación Na/Ca elevada disminuye el calcio foliar por el antagonismo cationes monovalentes - cationes divalentes.

El pimiento es una planta exigente en SO_4^{-2} y Mg, no deben ser inferiores a 2 mM en la solución nutritiva, en tal caso se aporta $\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$, K_2SO_4 o $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Puede darse deficiencia de Mg antes y durante la recolección, sobre todo cuando las temperaturas son bajas. Si se encuentran en exceso en el agua de riego hay que ajustar las relaciones Ca/Mg y K/Mg, así como vigilar la C.E. del sustrato.

Los micronutrientes se suelen aportar a dosis fija durante todo el cultivo. Se añaden 0.025 g/l de algún com-

plejo comercial que tenga aproximadamente 7.5 % Fe, 3.3 % Mn, 0.6 % Zn, 0.3 % Cu, 0.6 % B y 0.2 % Mo; suplementando alguno de ellos individualmente cuando la sintomatología o los análisis efectuados así lo aconsejen. Los cuatro primeros suelen ir quelatados en forma de EDTA, mientras que B y Mo van en forma aniónica como compuestos inorgánicos (tetraborato y molibdato generalmente).

PIMIENTO FERTIRRIGADO EN SUELO/ARENADO - NUTRICIÓN MINERAL

La mayor ventaja del riego por goteo no es la posibilidad de usar aguas salinas sino, junto al ahorro de recursos hídricos, el poder llevar a cabo una fertilización día a día, en función de las variables agroclimáticas disponibles. Resulta absurda la infratilización de estos sistemas. En mi opinión es mucho más conveniente, ya que la planta mantiene mejor sus condiciones óptimas de nutrición hídrica y mineral, cuando se fertirriga un mayor número de veces a tiempos cortos que pocas veces con elevados volúmenes. El ideal debería ser utilizar el suelo como un sustrato hidropónico, aportando siempre solución nutritiva (agua de riego + fertilizantes), a pequeñas dosis y con elevada frecuencia, incluso varias veces al día si se dispone de los equipos automatizados de fertirrigación adecuados.

En suelo/arenado se suele realizar una fertilización de fondo del estilo a la expuesta en la tabla 4. El estiércol ha de ser de buena calidad (sin olor) y el aporte de los sulfatos y nitrógeno amónico favorece la humificación del abono orgánico. Los cultivadores de pimiento en sue-



Control de la nutrición hídrica mediante tensiómetros de una plantación de pimiento en suelo con calefacción



Plantación de pimiento en NFT (Nutrient Film Technique)

lo que han efectuado una correcta fertilización de fondo, no suelen forzar el abonado hasta que los frutos de la cruz no tengan el tamaño de una castaña, para evitar un crecimiento vegetativo excesivo que tire las flores y frutos recién cuajados. Tras el cuajado de los primeros frutos se fertirriga con un equilibrio NPK 1:1:1, éste se va variando según las necesidades del cultivo hasta una relación aproximada de 1.5: 0.5: 1.5 durante la recolección. En cualquier caso, la observación del cultivo, junto a los análisis periódicos de tejidos vegetales y de extractos de solución del suelo, serán los que nos vayan marcando las correcciones a realizar en la solución nutritiva.

El pimiento presenta exigencias de nitrógeno muy intensas durante las primeras fases del cultivo, para decrecer tras la recolección de los primeros frutos verdes, a partir de entonces hay que controlar muy bien su dosificación, un exceso provocaría retraso en la maduración de los frutos. La máxima demanda de fósforo coincide con la aparición de las primeras flores y con el período de maduración de las semillas. La absorción de potasio aumenta progresivamente hasta la floración, manteniéndose después equilibrada, y es determinante en la precocidad, coloración y calidad de los frutos. El pimiento es muy exigente en cuanto a la nutrición de magnesio, la absorción de este elemento aumenta durante la maduración.

Mucho se ha escrito sobre las cantidades totales a aportar de fertilizantes para el cultivo de pimiento en invernadero con riego localizado, en general las extracciones del cultivo guardan una relación 3.5: 1: 7: 0.6 de N, P₂O₅, K₂O y MgO respectivamente, y estas cantidades son las que se deben reponer. Las cantidades de fertilizantes a aportar varían notablemente en función del abonado de fondo, calidad del agua de riego, tipo de suelo,

climatología, etc. Pueden ser suficientes 25 Kg/ha de N (Hartz y col., 1993), mientras que las cantidades de fósforo y potasio son más variables en función de la producción que se tengan, oscilando entre 10-20 Kg/ha de P₂O₅ y 20-40 Kg/ha de K₂O. Todas estas cantidades sólo deben ser meras referencias para el agricultor, que debe ajustar su programa de fertirrigación a sus características agroclimáticas y de cultivo. Resulta muy conveniente ajustar el pH de toda aplicación a 5.5-6, esto permitirá a la raíz unas mejores condiciones de absorción de nutrientes y un mejor aprovechamiento de elementos que bajo el pH normal (alcalino) de nuestros suelos se encuentran en amplio porcentaje inutilizables por la planta (fósforo, hierro, manganeso, etc.).

Algunos cultivadores, con buen criterio a mi juicio, optan por reducir o suprimir el abonado de fondo, controlando desde el inicio de la plantación la nutrición mineral aportada. Esto permite realizar una fertirrigación a medida del desarrollo de la planta, llevando el cultivo como si de un hidropónico se tratara, ajustando la solución nutritiva según los resultados analíticos obtenidos. ◀

BIBLIOGRAFÍA

ALCARAZ, C. F., M.A. MARTÍNEZ-CAÑADAS, F. MARTÍNEZ-SÁNCHEZ & F. SEVILLA (1985). Estudio comparativo de metodologías de control nutricional en plantas de pimiento cultivadas en invernadero bajo sistemas de riego localizado. Anales de Edaf. y Agrobiol. XLIV, nº 7-8. 1157-1172.

CÁNOVAS, F. & J.R. DÍAZ (1993). Cultivos sin suelo. Curso superior de especialización. Instituto de Estudios Almerienses. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería.

DOORENBOS, J. & W.O. PRUITT (1976). Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO: riego y drenaje. Nº 24.

DOMÍNGUEZ, A. (1993). Fertirrigación. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

ESTEVE, J. (1986). Apuntes sobre riego localizado. Servicio de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

GARCÍA, F. (1991). El cultivo del pimiento. Ciencia Agronómica, Nº0: 35-55.

HARTZ, T. K., M. LESTRANGE & D.M. MAY (1993). Nitrogen requirements of drip-irrigated pepers. HortScience 28(11): 1097-1099.

MADRID, R. (1991). El agua y los fertilizantes.

Fertirrigación localizada. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia. Serie Congresos Nº3.

MAROTO, J. V. (1988). Horticultura herbácea especial. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

MARTÍNEZ CAÑADAS, M. A., F. MARTÍNEZ SÁNCHEZ, J.L. GIMÉNEZ & C.F. ALCARAZ (1986). Influencia del sistema de riego y fertilización sobre parámetros de control nutricional y producción de pimiento Lamuyo cultivado en invernadero. ITEA, Vol. extra nº 6. 144-149.

MARTÍNEZ, E. & M. GARCÍA (1993). Cultivos sin suelo: hortalizas en clima mediterráneo. Ediciones de Horticultura S. L.

PARDO, A. (1995). Necesidades hídricas y riegos en horticultura. Ponencia 3ª Jornada de Horticultura Riojana. Calahorra.

PIZARRO, F. (1996). Riegos localizados de alta frecuencia. Ed. Mundi-Prensa, 3ª edición .Madrid.