

MANEJO DE LA FERTIRRIGACIÓN EN ENARENADO EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE LOS POROS DEL ACOLCHADO Y EL SUSTRATO

El fertirriego en suelo, consideraciones más allá de la composición de la solución nutritiva

Gran parte de la producción en los invernaderos almerienses se realiza sobre el suelo que, típicamente, presenta en profundidad una estructura artificial en capas horizontales conocida como enarenado, formada por un acolchado superior y un sustrato inferior. Para hacer un manejo eficiente

del sistema de fertirriego es necesario comprender, en la medida de lo posible, el patrón de humectación y de distribución de sales en el suelo, en función de las posibles combinaciones de sustrato y acolchado, del caudal de los emisores utilizados y de los volúmenes de agua aportados.



Fernando del Moral Torres.

Profesor titular del Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Almería.

Los invernaderos son un componente mayoritario del sistema económico almeriense. Los datos de la Fundación Cajamar (2008) cifran en 26.500 ha las invernadas, con una producción aproximada de 2.951.691 Mg que equivale en el mercado a unos 1.463 millones de euros.

Gran parte de esta producción se realiza sobre el suelo que, típicamente, presenta en profundidad una estructura artificial en capas horizontales conocida como enarenado: sobre el suelo original, cuando es de baja calidad agronómica, se aporta una capa de suelo procedente de canteras que servirá como sustrato de cultivo. Dicho sustrato suele ser de textura fina, con poros de pequeño tamaño y capacidad de infiltración relativamente baja. Sobre él se distribuye una nueva capa de arena o grava a modo de acolchado inorgánico, con gran cantidad de poros grandes, cuyo objeto es prevenir el ascenso capilar del agua y limitar las pérdidas por evaporación, lo que a su vez le proporciona una capacidad de infiltración notablemente superior a la del sustrato subyacente. Entre suelo y acolchado suele aportarse una capa de materia orgánica que inicialmente nutrirá al cultivo, y que acostumbraba a renovarse periódicamente.

El aporte de agua y nutrientes se realiza simultáneamente (fertirriego), mediante goteo con emisores de caudal en torno a 2 y 3 l hora⁻¹, en la mayor parte de los casos. Dicho caudal suele ser inferior a la capacidad de infiltra-

ción del acolchado (arena o grava) pero superior a la del sustrato subyacente.

El agua procede de acuíferos, lo que constituye un recurso limitado, o de la desalación de agua de mar, lo que encarece los costes de cultivo. Bien por la escasez del recurso o por el coste de producción, es realmente importante implementar prácticas de conservación y ahorro de agua. El acolchado inorgánico, como se ha comentado anteriormente, contribuye a esta tarea, modificando el balance hídrico del suelo y, aunque se acepta que el tamaño de partícula empleado y el grosor de la capa acolchada afectan a los componentes de dicho balance hídrico, no hay un consenso generalizado sobre qué grosor o qué tamaño de partícula son los más adecuados para mejorar las propiedades hidráulicas de los suelos, por lo que, para hacer un manejo eficiente del sistema de fertirriego es necesario comprender, en la medida de lo posible, el patrón de humectación y de distribución de sales en el suelo, en función de las posibles combinaciones de sustrato y acolchado, del caudal de los emisores utilizados y de los volúmenes de agua aportados.

Movimiento del agua en suelos dispuestos en capas paralelas

La capacidad de infiltración de un suelo y su capacidad de movilizar el agua depende de numerosos factores, de los cuales uno de los más importantes tal vez sea la porosidad total y la distribución del tamaño de los poros. En líneas generales, cuanto mayor sea el diámetro de los poros y mejor conectados estén entre sí, mejor será la infiltración y posterior flujo de agua en el suelo. Sin embargo, si el suelo está dispuesto en capas y, sobre todo, si estas capas están artificialmente creadas, el movimiento vertical de agua en el suelo estará condicionado por la capa que presente peores condiciones hidráulicas, ya que ralentizará su flujo, provocando saturación en las capas que existan por encima de ella.

El flujo de agua desde una capa con poros gruesos hacia otra con poros más finos, como es el caso que nos ocupa, podría describirse de manera general y simplificada como sigue: el agua procedente del gotero infiltra con rapidez en el acolchado y desciende más o menos verticalmente hacia el sustrato



Foto 1. Patrón de distribución de humedad en un acolchado con grava. Utilícese como escala el tamaño de la gota. El agua fluye rápidamente hacia abajo debido al tamaño considerable de sus poros, mojado muy poca superficie.

subyacente. Puesto que la capacidad de infiltración en éste es menor, el agua que llega se irá distribuyendo horizontalmente en la interfase acolchado-sustrato, saturándola e incrementando la superficie mojada, hasta que exista un equilibrio entre el agua que llega desde el acolchado y el total que es capaz de infiltrar la superficie mojada del sustrato subyacente. Cuanto mayor sea la diferencia entre la capacidad de infiltración del acolchado y la del sustrato subyacente, mayor tendrá que ser la superficie mojada necesaria para que “entre” toda el agua que llega. Si consideráramos un volumen de agua fijado de antemano, cuanto mayor sea la superficie necesaria para infiltrar, menor será la profundidad que alcance el agua.

Una vez que el agua ha infiltrado es necesario que se redistribuya, lo que tarda un tiempo que depende de las condiciones físicas del sustrato y que puede oscilar desde unas pocas horas a varios días. Esta redistribución consiste en el avance del frente de humectación transportando agua desde zonas inicialmente saturadas hacia zonas secas

Una mayor o menor productividad no sólo se relaciona con un menor gasto de agua sino que está muy influenciada por la forma en la cual se realizan dichas aplicaciones

hasta alcanzar el equilibrio energético. Teniendo en cuenta que, conforme el sustrato inferior alcanza la saturación, la velocidad de infiltración decrece, nuevos aportes de agua en períodos de tiempo inferiores a los necesarios para la total redistribución del agua provocan que el entorno afectado por la saturación crezca.

Influencia del tipo de acolchado y sustrato sobre el movimiento de agua

A partir de este modelo general podemos intentar describir qué ocurre con el agua y las sales para algunas combinaciones de acolchados y sustratos típicas de los invernaderos almerienses.

Gran tamaño de los poros del acolchado

Cuando el tamaño de los poros del acolchado es muy grande, por ejemplo cuando se utilizan gravas, la capacidad de retener agua es muy escasa. El agua fluye velozmente en sentido vertical a través del acolchado, con lo cual el caudal que recibe el sustrato subyacente es similar al emitido por el gotero (foto 1) y la sección mojada del acolchado en contacto con el sustrato subyacente muy pequeña. Una vez que el agua llega a la interfase con el sustrato subyacente, son las propiedades hidráulicas de éste las que condicionarán el patrón de distribución de la humedad y las sales disueltas, de forma que:



Foto 2. Acolchado de grava sobre sustrato con infiltración moderadamente buena. Obsérvese, no obstante, cómo en la interfase entre la grava y el sustrato subyacente se produce un ensanchamiento considerable de la superficie mojada. También puede apreciarse el incremento progresivo del tamaño del área mojada desde la superficie del acolchado hasta la interfase, dado que sus poros se van saturando.



Foto 3. Problema de descompensación entre el caudal y los volúmenes de agua aportados por los goteros y la capacidad de infiltración del sustrato subyacente, en un invernadero acolchado con grava, que produce la saturación de agua no sólo en el sustrato sino en parte del acolchado.

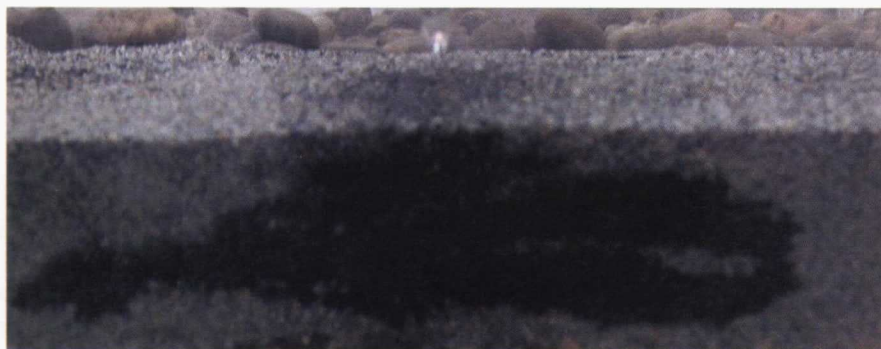


Foto 4. Patrón de distribución de humedad en un acolchado con arena. Utilícese como escala el tamaño de la gota. El tamaño de los poros permite que el agua se distribuya por el acolchado de tal forma que parte del volumen aportado queda retenido en este. Al mismo tiempo la velocidad de flujo vertical se reduce considerablemente con lo que el caudal final que recibe el sustrato subyacente, en una superficie dada, es inferior al caso de un acolchado con grava.

- Si el sustrato infiltra muy bien, originará un patrón de humectación (bulbo húmedo) alargado en sentido vertical, la zona saturada será pequeña y la redistribución de agua rápida, con un componente vertical importante.

- Si la capacidad de infiltración es limitada, o no hay buena conexión hidráulica entre los poros del acolchado y los del sustrato, se formará la superficie saturada de agua que mencionamos anteriormente, tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia entre la capacidad de infiltración del acolchado y la del sustrato de abajo (**foto 2**).

- Si la infiltración está realmente limitada en el sustrato subyacente y el caudal de agua aportado es considerable, puede ocurrir que comiencen a saturarse los poros del acolchado llegando a aparecer agua libre aflorando a la superficie (**foto 3**), con lo que el acolchado deja de cumplir su función.

Pequeño tamaño de los poros del acolchado

Si en vez de utilizar gravas, utilizamos como acolchado arena, sobre todo si ésta es fina, el tamaño de los poros es lo suficientemente pequeño como para que exista cierta capilaridad, con lo que el agua aplicada por el gotero inicialmente se distribuye por el acolchado (**foto 4**) y fluye más despacio hacia abajo. En este caso, el caudal y el volumen de agua que llega al sustrato subyacente es inferior al emitido por el gotero, en una superficie mayor, y más ajustados a su capacidad de infiltración. No obstante, si ésta es realmente limitada, se saturarán tanto el sustrato como el acolchado, al igual que en el caso anterior (**foto 5**). Por otra parte, no hay que olvidar que un efecto capilar excesivo, que suponga una elevada retención de agua por parte del acolchado, provocará un incremento de las pérdidas de agua por evaporación en comparación con un acolchado de grava.

Distribución de las raíces en el acolchado y en el sustrato

La distribución de las raíces de las plantas depende del patrón de distribución de humedad, nutrientes y oxígeno en el suelo. Puesto que las zonas saturadas de agua del sustrato presentan un contenido de oxígeno insuficiente para el correcto desarrollo radicular; si esta saturación permanece en el tiempo, como consecuencia del aporte frecuente y excesivo de agua, la raíz tenderá a desarrollarse en superficie, generalmente en la interfase entre el



Foto 5. Dos modelos de distribución de agua con acolchado de arena. El sustrato de la derecha, teniendo la misma procedencia que el de la izquierda, ha recibido durante doce años la incorporación y mezcla de materia orgánica, lo que ha mejorado notablemente su capacidad de infiltración y distribución de agua. En la izquierda, la limitada infiltración del sustrato produce la saturación y encharcamiento del acolchado.

acolchado y el sustrato o, en caso de acolchados con materiales finos, incluso dentro del acolchado (**foto 6**). Esta situación podría ser deseable desde la perspectiva en que anula al sustrato como soporte de la planta y como medio del cual la planta consigue sus nutrientes, favoreciendo que la planta se nutra prácticamente de la solución inalterada que llega del gotero. Sin embargo, la reserva de agua dispo-

nible para la planta será sólo una fracción de la aportada por el gotero, puesto que el resto percolará más allá de la zona de enraizamiento transportando, además, nutrientes costosos fuera del alcance del cultivo. Por otro lado, el plantel será altamente dependiente de nuevos riegos y sufrirá estrés severo ante situaciones de alta demanda evapotranspirativa (altas temperaturas a mediodía o vientos de levante).

Una vez que las raíces han crecido superficialmente nos vemos abocados a mantener el sistema con nuevos riegos, parte de cuya agua estará destinada a perderse fuera del alcance de las raíces, llevándose con ella los nutrientes. Ésta es la razón por la que solemos entender que son necesarios nuevos riegos, cuando el vacuómetro del tensiómetro (instalado en el sustrato en el que no hay raíces)



SOLUPOTASSE®

El auténtico SOP soluble especial para fertirrigación y aplicación foliar

Desde hace más de 10 años, SoluPotasse® ha proporcionado a los agricultores de todo el mundo, una excelente fuente concentrada de potasio y azufre, ayudando a producir cultivos de alta calidad y alto valor.

- Fácil manejo - rápida disolución y totalmente soluble en agua
- Bajo pH - mejora la asimilación de los nutrientes por la planta y disminuye los riesgos de obstrucción de goteros
- Ideal para suelos sensibles y con problemas de salinidad - bajo índice salino y libre de cloro
- Alta pureza y calidad garantizada con resultados óptimos
- Fertilización flexible - una fuente de potasio libre de nitrógeno que además aporta azufre

Tessenderlo Group Fertilizers

giving nature a helping hand

marca una tensión de agua que oscila entre los 20 y los 25 cbar. Sin embargo, estas tensiones de agua en los sustratos que generalmente manejamos, suelen indicar un porcentaje de humedad superior a la capacidad de campo, lo que deja poco espacio



Foto 6. Raíces desarrollándose superficialmente dentro del acolchado como consecuencia de la saturación permanente del sustrato inferior.

poroso para el aire y, de nuevo, un entorno hostil para el desarrollo de las raíces.

La tendencia a tratar los cultivos en suelo como si fueran cultivos hidropónicos surge de la consideración de que el suelo, al modificar las condiciones de pH de la solución y su composición por precipitación o disolución de determinados iones, nos estaba haciendo un flaco favor. Hemos olvidado, o al menos relegado a un segundo plano, la gestión tradicional de la materia orgánica por las mismas razones. Sin embargo, en los últimos cinco años los costes de cultivo derivados del agua de riego y de los fertilizantes se han incrementado notablemente y constituyen un porcentaje nada despreciable del coste global. Una gestión adecuada de la fertilidad del suelo, permitiendo que éste ejerza las funciones que le corresponden en la nutrición de los cultivos y en el aporte de agua, permitiría reducir en una proporción considerable tales costes de cultivo.

¿Qué hacemos?

El enarenado tradicional ha supuesto un avance importantísimo en el modelo de cultivo almeriense debido a sus innumerables ventajas, y es muy adecuado en numerosas situaciones, pero no en todas y, según nuestra opinión, ni siquiera en la mayoría. Es fundamental que, a la hora de establecer el sistema de fertirriego, tengamos una comprensión clara de las condiciones físicas de nuestro suelo que determinarán el movimiento del agua y seleccionemos correctamente las características de nuestros acolchados o de nuestros sistemas de riego, de acuerdo con las características particulares de nuestros suelos, asesorados por personal técnico especializado.

No obstante, si nuestro invernadero está en marcha y tenemos alguno de los problemas de gestión de agua antes mencionados, podemos recurrir a varias soluciones:

- Si los acolchados son de grava y los sustratos inferiores presentan malas condiciones físicas para la infiltración, suele ser buena idea recurrir a los riegos por pulsos, en los que disminuimos la dotación de agua de cada riego particular e incrementamos la frecuencia de riego, aportando el mismo volumen de agua total, es decir, lo que antes aplicábamos en un solo riego de media hora, provocando encharcamientos, ahora lo proporcionamos en dos o más riegos, dejando entre ellos tiempo suficiente para que el agua infiltre y comience a distribuirse por el suelo.

- Si tenemos arena fina y un sustrato poco permeable, como el de la **foto 5**, podemos plantearnos la posibilidad de mezclar acolchado y sustrato para obtener una zona de cultivo con buenas características fértiles (**fotos 7 y 8**). Si la gestión del agua es adecuada, la inexistencia de acolchado típico no tiene por qué traducirse en un incremento de la evaporación, dado que el agua infiltrará en el suelo, presentando una superficie húmeda susceptible de evaporar agua muy restringida. No obstante, antes de recurrir a mezclar acolchado y arena es necesario consultar con personal experto que evalúe las posibilidades del sistema. Aún a sabiendas de que cada situación es única y particular, nos atrevemos a prevenir desde aquí contra la mezcla, salvo raras excepciones, de un acolchado de grava con un sustrato poco permeable (**foto 9**) porque los problemas podrían, a la larga, agravarse. ●



Foto 7 (izquierda). Resultado de la mezcla del acolchado de arena y del sustrato correspondiente a la foto 5. Se ha mejorado notablemente tanto la infiltración como la distribución interna del agua. **Foto 8 (derecha).** Resultado de la preparación del suelo mediante mezcla de arena con el sustrato en el invernadero ecológico de la finca experimental UAL-Anecoop. Puede observarse la profundidad de enraizamiento del cultivo. Téngase presente que también se aportó y mezcló materia orgánica al suelo y que los aportes de fertilizantes en riego están restringidos.



Foto 9. Resultado de la mezcla de gravas con un sustrato igual al de la foto 5. Se generan gran cantidad de poros grandes no conectados entre sí. Cuando éstos se colapsan se ralentiza aún más la infiltración y distribución de agua en el suelo.