



## ESENCIALES DEL MANEJO DE SUELOS BAJO RIEGO

### INTRODUCCION

El manejo de suelos bajo riego tiene, en líneas generales, los mismos principios y objetivos que el manejo con fines de producción agropecuaria bajo otros sistemas. Esto es, mantener o incrementar la productividad agrícola lo más permanentemente factible. La productividad agrícola implica que una serie de factores estén en su óptimo, es decir, que su interacción produzca los más altos rendimientos.

Los principales factores en cualquier caso son : una buena suplencia de agua y aire; un buen nivel de nutrientes y en un balance apropiado; el uso de variedades de cultivos productivas y en la cantidad óptima y un efectivo control de plagas y enfermedades. El conjunto de estos factores debe ser aplicado ó modificado por el hombre para obtener el máximo en cada caso. La aplicación de cada uno de ellos por separado producirá un aumento de rendimientos, pero es la interacción entre todos ellos lo que buscaremos ya que ella produce rendimientos superiores a los obtenidos con la sumatoria de los incrementos producidos por cada factor aislado.

Las áreas que van a ser ó están sometidas a riego tienen, sin embargo, y en general, ciertas características en común que las diferencian de otros sistemas de producción agrícola. Entre esas tenemos :

- a. Un sistema agrícola bajo riego implica una inversión relativamente alta, por lo que se espera de ella un alto retorno. Para ello el nivel tecnológico empleado es también alto, y los factores antes mencionados deben colocarse en sus niveles más óptimos a través de la experimentación.
- b. Las áreas bajo riego han sufrido una selección previa por lo que sólo las tierras más apropiadas en esa área son utilizadas. Ade-

más de ello, el riego conlleva generalmente la aplicación de drenaje, adecuación de tierras como nivelación, etc., y en una gran medida el control de la cantidad de agua añadida al suelo.

- c. Por último, los suelos de las zonas sujetas a riego, tienen en general ciertos caracteres en común por el hecho de haber sido formados en regiones con climas deficitarios en humedad y en general adyacentes a áreas con abundantes fuentes de agua ya sea superficial o subterráneas y zonas planas. Así tenemos principalmente plani-cies aluviales con climas deficitarios. En estas condiciones los suelos predominantes son de texturas medias y finas, con valores de pH neutros o ligeramente alcalinos, con contenidos de bases y sales medios a altos y valores de materia orgánica medios a bajos.

Estas consideraciones son de carácter general y por lo tanto se encuentran excepciones. Sin embargo, ellas nos sirven para enfocar los aspectos de manejo de suelos más comunes a las áreas bajo riego.

#### ASPECTOS A CONSIDERAR

En este renglón solo consideraremos los puntos principales y estrictamente relacionados con el suelo. Las consideraciones de manejo del agua y del cultivo o agronómicas, que son también factores primordiales en la productividad, son tratados aparte.

Con relación a manejo del suelo consideramos de importancia los siguientes aspectos :

- a. Condición química ó de fertilidad
- b. " física ó Tilth
- c. Aspectos de erosión
- d. Control de sales y exceso de sodio en el suelo.

Ese grupo de condiciones están directamente influenciadas por muestras acciones o manejo a través de la adición de fertilizantes y enmiendas, residuos de cosecha, labranza, rotaciones, método de riego, manejo del agua de riego en su cantidad, calidad, drenaje, etc.

a. Condición de Fertilidad

Por fertilidad entendemos la cualidad del suelo que le permite tener los elementos nutritivos para las plantas en niveles de aprovechabilidad suficientes y en un apropiado balance. De los 13 elementos nutritivos más importantes, 6 de ellos los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) ó elementos tomados en mayores cantidades, son así los más críticos. Los 7 restantes o micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, Bo, Mo y Cl), utilizados en menores cantidades son menos críticos para la mayoría de los cultivos.

En líneas generales en terrenos sujetos a riegos, por poseer suelos de carácter aluvial reciente, con saturaciones medias a altas y por obtener de las mismas aguas de riego cantidades variables de cationes y aniones, como Ca, Mg, K,  $SO_4$ , Cl y B, poseen también ciertos problemas comunes de fertilidad. Las deficiencias más comunes que deberán subsanarse a través de fertilizantes se refieren al N y P y en menor escala al K, Fe y otros microelementos que se afectan fuertemente en su disponibilidad por altos valores de pH, tales como Zn y Cu.

Por supuesto estas generalizaciones sólo son valederas para una guía de las probables deficiencias. Las condiciones de fertilidad varían de una localidad o suelo a otra, varían con el tiempo y en forma muy importante con las necesidades específicas de cada cultivo. Así un suelo "fértil" para un cultivo dado no lo es necesariamente para otro.

En la condición de suelos bajo riego hay además ciertos aspectos de la fertilidad de mayor importancia. Por una parte y en general se requiere mayor cantidad de nutrientes disponibles bajo una agricultura de riego que de secano, por obtenerse mayor crecimiento vegetativo y rendimientos. Por otro lado, la gran disponibilidad de agua y su activo movimiento en el suelo le dan gran importancia a los aspectos de movilidad de estos nutrientes en el suelo.

Según Viets, et al \* (1967) la movilidad de los principales nutrientes es :

- móviles :  $NO_3$ , Cl, B,  $SO_4$  y Urea-N
- movilidad limitada : K, Ca, Mg y NHy
- inmóviles : P y micronutrientes.

---

\* Viets F; R.P. Humbert; C.E. Nelson. 1967. Fertilizers in relation to irrigation practice. Irrig. of Agr. Lands. Agr. Series II. Amer. Soc. of Agron.

Dichas movilidades están dadas por su posibilidad de ser adsorbidas en el complejo de cambio y/o por los fenómenos de fijación de algunos de ellos por Al, sesquióxidos, sales, etc., en el suelo.

Esta movilidad es importante en relación a la fuente o forma del fertilizante aplicado, la localización de él y del método de riego empleado.

Así cuando el N aplicado, se hace en la forma de  $\text{NO}_3$ , y es aplicado en el surco por arriba del nivel de agua, éste se moverá principalmente hacia un lado y hacia arriba en el surco siguiendo el movimiento del agua. Aplilcado por debajo de la línea del agua el movimiento será lateral y descendenlte. Por riego de inundación o por aspersion los movimientos serían princilpalmente descendentes.

Además de los fertilizantes químicos añadidos ya sea al suelo o al a - gua de riego debemos considerar los nutrientes aportados por la materia orgánica, ya sea la propia del suelo o la añadida a través de incorporación - de residuos de cosecha, abonos verdes, etc. Estos aportes son importantes principalmente en N y P a través de la descomposición biológica de la matelria orgánica. Lo esencial en estos casos es la calidad o contenido inicial de dichos nutrientes en el material incorporado, pues materiales de bajos contenidos podrán incluso utilizar los nutrientes del suelo, robándoselo a el cultivo. Otros aspectos a considerar en la fertilización orgánica son los económicos, por el tiempo y las labores requeridas en ella, en contraslte con la fertilización química.

Los fertilizantes añadidos al suelo no serán tomados en un 100 por cienlto por las plantas. Principalmente los fertilizantes nitrogenados sufren lavado, erosión y pérdidas gaseosas que pueden alcanzar hasta más de la mitad de lo añadido. También el P, pero por procesos de fijación en el suelo, puede perder su disponibilidad en cantidades similares o superiores a las del N.

La determinación de la necesidad de nutrientes de un suelo dado se realiza primero haciendo un diagnóstico del problema, determinando el grado de deficiencia y por último determinando la cantidad de fertilizante a añadir.

El diagnóstico de que un cultivo necesita fertilizantes puede ser vislto por síntomas de deficiencia típicos a cada elemento en ese cultivo y comlprobarlo por análisis del suelo y la planta o por experimentación de inver-

nadero o campo. Es necesario considerar que síntomas de deficiencia pueden ser realmente deficiencias del elemento, pero es necesario averiguar otras posibilidades como son exceso o deficiencia de agua, exceso de sales, ataques de insectos o virus, et.., que pueden producir síntomas similares a algunas deficiencias de elementos.

La determinación del grado de deficiencia en el suelo se determina usualmente a través de experimentos de campo, análisis de planta y de suelos. Los experimentos son la manera más confiable de determinar el grado de deficiencia y lo que es necesario añadir para alcanzar un cierto nivel de rendimiento. En general requieren bastante tiempo y dinero para su ejecución y sus resultados son aplicables al sitio del experimento.

Los análisis de suelo calibrados con experimentos de campo y acompañados de investigaciones de invernadero son el medio más económico y eficaz hoy en día para determinar el grado de deficiencia y la probabilidad de respuesta a los fertilizantes. Los reactivos usados se deben adaptar al elemento y al suelo a ser analizado y los niveles críticos de deficiencia deben ser relacionados al cultivo específico.

Los análisis de planta para áreas de suelo donde se han establecido las cualidades de fertilidad del suelo y para ciertos cultivos (caña de azúcar, cítricos, etc.) son de gran utilidad para detectar deficiencias de elementos nutritivos.

La cantidad de fertilizantes a aplicar es determinada de las curvas de rendimiento y respuesta a los fertilizantes o indirectamente de los análisis de suelo, pero la decisión será dada por el incremento en rendimiento por unidad de fertilizante añadido, el costo de la aplicación y el valor del cultivo producido.

#### b. Condición Física ó Tilth

Esta condición o cualidad del suelo se refiere al estado o aptitud física del suelo para el crecimiento de plantas específicas, e incluye caracteres como su estructura, grado de humedad y aireación, consistencia, etc.

Conjuntamente con la condición de fertilidad, la condición física representan los dos aspectos más críticos en el manejo de suelos.

Como tal, la condición física incluye problemas relacionados con : el estado de acondicionamiento del suelo para recibir las semillas y para su germinación y crecimiento de la planta; aspectos de entrada y transmisión del agua y aire en la zona radicular; retención de humedad y facilidad de laboreo y cultivo del suelo. Por esas razones, en esta condición tomamos especial énfasis en los aspectos de textura, estructura, contenido de materia orgánica y de humedad, presencia de capas compactas, etc.

Para la mayoría de los cultivos una condición física ideal está representada por la presencia de agregados lo más estables posibles, generalmente entre 1 y 5 mm. de tamaño, que producen suficientes poros grandes para una buena entrada y transmisión de agua y aire entre los agregados y con suficientes poros pequeños dentro de los agregados para retener más agua. Estas condiciones estructurales unidas a la presencia de texturas medias con un mayor rango de consistencia friable serían así también ideales para una buena implantación de las semillas más comunes y para un fácil y eficaz laboreo.

Las maneras de producir esas condiciones más ó menos ideales no son muchas hasta ahora y dependerán principalmente de las características innatas al suelo (textura, estructura natural, tipos de agentes agregantes, etc.) , que son poco modificables y del manejo que le apliquemos.

Las principales prácticas de manejo que utilizamos para producir una mejor condición física son la labranza, la incorporación de materia orgánica y otras enmiendas y la secuencia o rotación de cultivos.

La labranza por lo general incluye propósitos de mejorar la condición física, de eliminar malas hierbas y residuos de cosecha a través de su incorporación al suelo. En cuanto al primer efecto por lo regular aumenta el número y tamaño de los poros grandes pero queda la pregunta de qué cuánto durarán así luego de humedecerse, lo cual depende fundamentalmente de la estabilidad de los agregados. Qué cantidad de aradura o laboreo debe realizarse y en qué condiciones de humedad del suelo son parcialmente responsables de esa estabilidad.

Las tendencias actuales son en general de considerar que se debe realizar la menor cantidad de laboreo posible y a rangos de humedad que correspondan a una consistencia friable del suelo. En general , la mayoría de las

otras labores de cultivo como siembra, limpiezas, cosecha, etc., tienden a producir una acción contraria al arado, ésto es, a compactar reduciendo los poros en tamaño.

El laboreo normal queda restringido a la capa superficial del suelo, pero sus efectos pueden reflejarse a capas más profundas. Así en la determinación del momento de arar debemos considerar el subsuelo pues este puede estar muy húmedo, produciéndose generalmente capas compactas que afectan la entrada y conducción del agua. Cuando dichas zonas compactas están cerca de la superficie del suelo se debe considerar la posibilidad de aradura profunda o de subsolado.

El efecto sobre la formación y estabilización de agregados por la adición de materia orgánica ha sido mencionada por largos años. Los mecanismos de agregación no son comprendidos totalmente, pero se conoce que no todos los tipos de materia orgánica tienen el mismo efecto, ni por la misma duración.

En general está establecido que el aspecto más importante, son los compuestos producidos en las primeras etapas de la descomposición de la materia orgánica añadida, por ello se aconseja mantener una suplenia constante de ella al suelo y no sólo construir altos niveles en una sola ocasión.

El efecto de materia orgánica en cuanto a agregación parece ser más efectivo en suelos con texturas gruesas y medias, en los cuales además promueve la creación de espacios porosos favorables a la retención de humedad. En suelos muy arcillosos su principal efecto parece ser en promover mayor cantidad de áreas para contraerse al secarse, y así a través de muchas grietas aumentar la cantidad de pequeños agregados y facilitar su laboreo y relaciones agua-suelo.

Otros compuestos además de materia orgánica son comúnmente añadidos al suelo para mejorar su estructura y por lo tanto su condición física. Así especialmente en suelos altos en contenidos de Na, que se encuentran dispersos o en suelos arcillosos con bajas saturaciones se acostumbra agregar calcio especialmente en forma de yeso para remplazar al sodio, causar floculación y promover así la agregación.

El efecto que ciertos cultivos o pastos sean incluidos en una secuencia o rotación de cultivos en cuanto a su mejoramiento físico no está cla-

ramente explicado. Las causas más probables parecen ser el efecto aislado o combinado que tienen ciertas plantas en producir sistemas radiculares más abundantes y sus raíces con mayor fuerza para penetrar agregados grandes, producir poros y planos de debilidad que producirán más agregados. Así tendrían un efecto físico además del aporte de materia orgánica. Otros autores consideran que el solo hecho de incluir cultivos o pastos que requieren muy poca labranza sería ya suficiente para explicar el mejoramiento en estructura. Especialmente ciertas gramíneas parecen producir estos efectos en mayor cuantía.

#### c. Erosión

Los problemas de manejo del suelo bajo riego en cuanto a erosión son ligeramente diferentes que los encontrados en una agricultura de secano. En esta última una de las prácticas principales es la de disminuir la escorrentía y aumentar la infiltración del agua de lluvia. En zonas bajo riego, especialmente por surcos, la erosión es causada principalmente por el flujo de agua aplicada a la cabecera del surco y si aplicáramos la práctica de aumentar en lo posible la infiltración, tendríamos que aumentar el flujo para regar la misma superficie en el mismo tiempo y así aumentaríamos la erosión.

La conclusión en este aspecto es que aparte de mantener la superficie del suelo en una buena condición de floculación y agregación, los problemas de erosión se controlan principalmente a través del manejo del agua y por la forma y tamaño de los surcos.

Así generalmente en suelos potencialmente erodables tratamos de disminuir el largo de los surcos, aplicar el agua estrictamente necesaria, utilizar el menor número de riegos posibles, ó regar en surcos alternos, etc.

#### d. Control de Sales y Exceso de Na en el Suelo

Los aspectos del control de sales y de Na en el manejo de suelos bajo riego incluye dos aspectos, éste es, la prevención de este problema y por otro lado la recuperación de esos suelos.

En cuanto a la prevención los principios generales que rigen son los de usar aguas para el riego con el menor contenido de sales posible, el man-

tener un buen drenaje del suelo, especialmente la mesa de agua lo más bajo posible y el de usar cantidades de agua, que laven las sales del suelo fuera de él, o sea contemplar los requerimientos de lavado.

Si las consideraciones para manejo parten ya de la existencia de sales en cantidades peligrosas en el suelo, debemos analizar los principios generales antes mencionados para diagnosticar el problema. Podremos sin embargo seguir utilizando dichos suelos tratando de mejorar la condición limitante, y siguiendo ciertas prácticas que deben incluir : prácticas que mejoren la infiltración, una aplicación uniforme de agua y que incluya los requerimientos de lavado, la selección de cultivos más tolerantes a las sales y métodos de siembra que favorezcan la no acumulación de sales cerca de la semilla.

El proceso de recuperación de suelos salinos consistirá en un lavado del suelo, en el cual el factor más limitante será la calidad y cantidad de agua que podamos pasar por el perfil de suelo.

En el caso de suelos con exceso de Na ó alcalinos debemos acompañar el lavado con la adición de calcio para remplazar el sodio y mejorar así sus propiedades físicas.

El calcio puede añadirse ya sea al agua de riego o al suelo y en la forma más soluble y económica de que dispongamos.

Los principales productos utilizados son el yeso o  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ , S,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{SO}_4$ , y  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Generalmente por razones económicas el producto más usado es el yeso, aún cuando tiene una baja solubilidad en agua, y toma bastante tiempo el remplazo del Na por el Ca.

En casos donde el mismo suelo contenga abundante  $\text{CO}_3\text{Ca}$  se han usado el S o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  quienes al reaccionar con los carbonatos liberará al calcio, en la solución del suelo y podrá intercambiarse por el sodio.

