

Fertilidad y contaminación de suelos agrícolas. Aplicación al cultivo de la vid.

M^a Pilar Bernal Calderón. Departamento de Conservación de Suelos y Agua y Manejo de Residuos Orgánicos Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Murcia.

Importancia de la materia orgánica en la fertilidad del suelo.

La fertilidad del suelo puede ser definida como la capacidad del suelo para suministrar a las plantas agua y nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo. Los factores que determinan la fertilidad se pueden clasificar en:

- Físicos, que condicionan el desarrollo del sistema radicular, y su aporte hídrico. La fertilidad física se identifica por: textura, estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención hídrica, estabilidad de agregados, etc.
- Químicos, que hace referencia a la reserva de nutrientes y su aporte a las plantas. Se caracteriza por: capacidad de cambio de cationes, pH, materia orgánica, macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y micronutrientes (B, Fe, Mo, Mn, Zn, Cu, Na y Cl), y sus formas químicas en el suelo que condicionan su biodisponibilidad.
- Biológicos, determinados por la actividad de los microorganismos del suelo. La microflora del suelo utiliza la materia orgánica como sustrato y fuente de energía, interviniendo en la producción de enzimas, ciclo de C y de N, transformaciones biológicas de nutrientes y procesos de humificación y mineralización.

La materia orgánica es un factor clave en la fertilidad del suelo, ya que actúa sobre las propiedades físicas (porosidad, capacidad de retención hídrica, estabilidad de agregados, etc), sobre las químicas, aportando nutrientes mediante los procesos de mineralización, y a través de su capacidad de cambio de cationes, que actúa como una reserva nutricional, y sobre las biológicas, ya que mantiene la actividad microbiana del suelo.

La materia orgánica se define como el total de compuestos orgánicos presentes en el suelo, incluida la biomasa microbiana y vegetal, pero excluyendo la macroflora y macrofauna. Los componentes de la materia orgánica del suelo se pueden dividir en tres fracciones: Fracción orgánica biodegradable, las sustancias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y humina), y la biomasa microbiana. La comunidad microbiana es pequeña con respecto al conjunto de la materia orgánica presente en el suelo, pero la mayor parte de las transformaciones que sufre la materia orgánica se llevan a cabo por los microorganismos.

Los principales efectos de la materia orgánica en el suelo se pueden resumir en: Color, que puede facilitar el calentamiento del suelo; la retención hídrica, que ayuda a prevenir cambios bruscos de humedad y contracciones del suelo; su interacción con la arcilla, permite unir las partículas del suelo formando agregados estables; el poder de complejación, que controla la disponibilidad de micronutrientes; la capacidad tampón ayuda a mantener el pH del suelo; su capacidad de cambio catiónico actúa como reserva de nutrientes; el proceso de mineralización supone una fuente de nutrientes para el crecimiento vegetal. Las características edafoclimáticas ciertas áreas, como la zona Mediterránea, favorecen los procesos de degradación o mineralización de la materia orgánica del suelo, lo que provoca una pérdida de materia orgánica y una disminución de la cubierta vegetal, quedando el suelo sin capacidad para recuperar su contenido de materia orgánica. Esto afecta negativamente a las propiedades del suelo.

Enmiendas orgánicas del suelo

En el cultivo de la vid generalmente se realiza abundante abonado orgánico de fondo, que puede suponer la adición de estiércol en 20, 40 y 60 tm/ha, en función de la cantidad de materia orgánica del suelo. Se consideran suelos pobres con materia orgánica <1,5 %, suficiente con 1,5-2,5 % y ricos en materia orgánica entre 2,5-3,5 %

El mantenimiento de un nivel adecuado de materia orgánica en los suelos agrícolas precisa de la adición de fuentes externas. Como fuente de materia orgánica pueden utilizarse materiales orgánicos de muy diverso origen, y resultan de gran interés el uso de materiales residuales o subproductos de bajo coste, así como los composts.

Los residuos orgánicos se agrupan según su origen en: Ganaderos (estiércoles y purines), agrícolas (restos de cosechas), urbanos (lodos de depuradora y residuos sólidos urbanos), forestales (restos de aserraderos y de limpieza de bosques), e industriales (particularmente de la industria agroalimentaria).

Además de aportar materia orgánica e incidir en los procesos de mineralización y humificación del suelo, los residuos orgánicos suministran nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal. El contenido de nitrógeno es uno de los factores más importantes que hay que tener en cuenta al utilizar estos materiales en el suelo, ya que su dinámica en el mismo condiciona su poder fertilizante. El nitrógeno de los residuos se divide en:

1. Nitrógeno inorgánico: $\text{NH}_4\text{-N}$ y $\text{NO}_3\text{-N}$.
2. Nitrógeno orgánico rápidamente mineralizable: urea, ácido úrico.
3. N-orgánico mineralizable a corto plazo: fracción mineralizable en unos meses.
4. N-orgánico lentamente mineralizable: formado por compuestos orgánicos complejos que son resistentes a la descomposición microbiológica y se mineraliza durante años.

El nitrógeno potencialmente mineralizable corresponde a las fracciones 2 y 3. La composición relativa de cada una de las fracciones condicionará la dinámica del proceso. Dependiendo del dominio relativa de cada una de estas fracciones en el residuo, la extensión de la mineralización será mayor o menor.

La presencia de metales pesados en ciertos residuos orgánicos como lodos de depuradora y residuos sólidos urbanos limita su utilización en suelos agrícolas. La preocupación de las autoridades y usuarios por la contaminación del suelo por metales pesados procedentes de residuos orgánicos llevó a la UE a establecer una directiva (asumida por la legislación española en Real Decreto 1310/1990) para fijar la concentración máxima de metales que pueden tener los lodos de depuradora para su utilización en suelos. Además se establecen las concentraciones de metales permitidos en suelos agrícolas.

Contaminación de suelos por metales pesados y técnicas de recuperación

La agricultura intensiva es una de las actividades humanas que tienen mayor repercusión en la contaminación del suelo por metales pesados, debido al empleo de fertilizantes y plaguicidas de forma prolongada. Los fertilizantes fosforados pueden contener Zn, As, Cd y Pb debido a su presencia en la roca fosfórica. El uso de ciertos plaguicidas han contribuido a aumentar los niveles de As, Pb, Hg, Cu, algunos poseen concentraciones de Zn que pueden superar el 25 %. Fungicidas a base de Cu o de Zn, como el CuSO_4 se utiliza con frecuencia en el cultivo de la vid.

Los metales pesados también pueden estar presentes en estiércoles de animales (Zn y Cu) debido al uso de ciertos compuestos a base de dichos elementos en la dieta del animal para evitar ciertas enfermedades. De especial relevancia es el Cu en el purín de cerdo que limita su utilización. También se encuentran presentes en productos desinfectantes utilizados

en las instalaciones, y pueden proceder de la maquinaria agrícola utilizada. Todo ello llevó a fijar las concentraciones máximas de metales pesados en fertilizantes y productos afines como compost (Orden de 14 de junio de 1991, BOE nº 146 de 19 de junio de 1991).

La recuperación de suelos contaminados con metales pesados permanece como uno de los problemas más difíciles de las tecnologías de descontaminación. La restauración ambiental se puede llevar a cabo por diversas estrategias que suponen eliminar los contaminantes o estabilizarlos en el suelo. Las técnicas más drásticas se basan en procesos físicos o fisico-químicos, como la extracción fisico-química de metales por lixiviación ácida y electro-ósmosis, o la inmovilización *in situ*, ej. vitrificación, o, en caso de contaminación superficial, la eliminación de la capa superficial del suelo contaminado. Estos métodos son muy drásticos, caros, precisan de equipos y personal especializado, y sólo son adecuados para la descontaminación de áreas pequeñas. Además, estos métodos eliminan la actividad biológica del suelo tratado y afectan negativamente a su estructura física.

Dentro de las nuevas tecnologías biológicas, destacan las técnicas de recuperación "*in situ*" o **biorrecuperación (biorremediación)** que consisten en el uso de microorganismos y/o plantas para descontaminar un ambiente degradado o contaminado. Las diferentes estrategias tratan de estimular la actividad de los microorganismos del suelo, inocular el suelo con microorganismos específicos, aplicar enzimas, y utilizar plantas para extraer, retener o transformar los contaminantes. En este punto, hay que distinguir la **fito-recuperación** como el uso de plantas, enmiendas del suelo y técnicas agronómicas para eliminar, retener, o disminuir la toxicidad de los contaminantes del suelo. Los compuestos orgánicos exudados por las raíces de las plantas activan los procesos químicos y biológicos del suelo, recuperando la actividad microbiana., y además el establecimiento de una cubierta vegetal evita que se produzcan una mayor degradación del suelo por aceleración de los procesos de erosión.

En fito-recuperación se pueden diferenciar varias estrategias: **la fito-extracción** que consiste en la reducción de la concentración de los contaminantes del suelo mediante su extracción por plantas; **la fito-estabilización o inmovilización** cuya finalidad es la insolubilización o fijación de los contaminantes en el suelo en formas no asimilables para las plantas. **Rizofiltración** implica el uso de las raíces de las plantas para absorber y/o adsorber los contaminantes de aguas o residuos acuosos. **Fito-volatilización** consiste en el empleo de plantas con capacidad para detoxificar un suelo por volatilización de sus contaminantes (Se). La **fito-degradación** utiliza plantas y microorganismos asociados para degradar los contaminantes (orgánicos). En la contaminación por metales pesados las técnicas utilizables son fito-extracción y fito-estabilización.

El desarrollo de una estrategia de recuperación requiere las siguientes etapas: 1. evaluar el grado de contaminación del suelo e identificar los metales responsables de la misma y su forma química en el suelo; 2. determinar la necesidad de aplicar enmiendas del suelo (como correctores de pH, materia orgánica, óxidos de hierro, etc.); 3. elegir las especies vegetales tolerantes a metales, en función de la estrategia a plantear fitoextracción o fitoestabilización; 4. realizar un seguimiento de la eficacia de los tratamientos empleados y de la fitotoxicidad del suelo; 5. determinar el comportamiento de la vegetación; 6. estimar la duración del plan de recuperación en función de los apartados anteriores.