

## **RESEÑA DE HUMUS Y ÁCIDOS HÚMICOS**

Por T. L. Senn, Director, Departamento de Horticultura

A. R. Kingman, Instructor en Horticultura

Investigación del Departamento de Horticultura Serie No. 165

La Estación de Experimentos Agrícolas de South Carolina

Clemson University, Clemson, South Carolina

W. C. Godley, Decano Asociado y Director de Investigación Agrícola

### **INTRODUCCIÓN**

El término “humus” data de la época de los romanos, cuando se utilizaba frecuentemente para designar el suelo como un conjunto. Después se aplicó a la materia orgánica de los suelos y compuestos o a diferentes fracciones de la materia orgánica, así como a los complejos formados por la acción de reactivos químicos sobre una variedad de sustancias orgánicas. Wallerius primero definió “humus” en 1761 en términos de materia orgánica descompuesta. Sin embargo, las ideas prevalecientes relacionadas con la naturaleza química del humus y el mecanismo de su formación fueron muy vagas. Con más frecuencia se consideraba como un complejo formado en los suelos, en bolsas o en compuestos de residuos de plantas por medio de un proceso especial de “humidificación.”

De Saussure, en su famosa obra “Recherches Chimiques Sur La Vegetation” dedicó considerable atención al humus. Él descubrió que no es una sustancia homogénea, pero que consiste de varios complejos que se pueden retirar fácilmente. Thaer diferenció entre “humus ácido” o turba, formado con una admisión limitada de oxígeno y “humus suave”, formado en presencia de suficiente oxígeno. Liebig habló del “humus” como “una sustancia marrón, soluble fácilmente en álcalis, pero únicamente levemente soluble en agua y producida durante la descomposición de materias vegetales por medio de la acción de ácidos o álcalis.”

El término “humus” se empezó a usar generalmente en un momento en que la química orgánica aún estaba en sus inicios y cuando todos los componentes orgánicos e inorgánicos eran considerados sustancias muy simples en su composición química.

Waksman define humus como “un agregado complejo de color marrón a sustancias amorfas de color oscuro, que se han originado durante la descomposición de los residuos de plantas y animales por medio de microorganismos, bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas, usualmente en los suelos, compuestos, turbas y cuencas hídricas”. Químicamente, el humus consta de ciertos constituyentes de material original de plantas resistente a mayor descomposición; de sustancias que se están descomponiendo; de complejos resultado de la descomposición, ya sea por procesos de hidrólisis o por oxidación y reducción y de varios compuestos sintetizados por microorganismos. Humus es un cuerpo natural, es una entidad compuesta, justo como lo son las plantas, animales y sustancias microbianas y es aún mucho más complejo químicamente, debido a que todos estos materiales contribuyen a su formación.

El carbón representa un número de tipos de humus en un estado avanzado de descomposición, producido de varios residuos de plantas en diferentes períodos durante tiempos prehistóricos y más adelante estratificados y comprimidos por capas superimpuestas de materia mineral.

El mecanismo de la formación del carbón a través del estado de la turba comúnmente se explica de la siguiente manera: La turba cambia primero a lignito, después a carbón bituminoso y finalmente a antracita por medio de la acción del calor, como resultado de lo cual, se lleva a cabo la destilación fraccionaria. El carbón marrón o lignito difiere considerablemente en modo de ocurrencia y en sus propiedades físicas y químicas, así, la variación en la cantidad de ácidos húmicos encontrados en los diferentes depósitos. Los estudios de procesos químicos involucrados en la formación de carbón llevan a las diferentes hipótesis relacionadas con los “ácidos húmicos”, “ácidos úlmicos”, “húminos”, “úlminos” y “ácidos fúlvicos”. Es generalmente aceptado que los microorganismos han jugado una parte importante en el proceso de la formación del carbón.

## **La importancia de la materia orgánica**

La formación del suelo está vinculada de manera cercana con la acción de diversas formas de sustancias orgánicas en la roca origen. Los pioneros en este proceso (bioquímico) aparentemente son microorganismos, cuya participación en la circulación natural del hierro, azufre, calcio, sílice, fósforo y otros elementos ha sido demostrado por muchos investigadores. En la producción de un suelo fértil, las sustancias orgánicas juegan una parte directa ya que son fuentes de nutrientes de las plantas que se liberan en formas disponibles durante la mineralización. Pero las sustancias orgánicas también juegan un papel indirecto.

Además de ser una fuente de nutrientes para la planta y el factor más importante en la formación de la estructura, la materia orgánica también tiene un efecto fundamental en las propiedades físicas del suelo (capacidad de retención de agua) y determina en mayor grado dichas propiedades físico-químicas, mientras intercambian capacidad y propiedades de reducción. Estas propiedades son de gran importancia, no solo en el control de la absorción de nutrientes por la planta y su retención en el suelo, sino también en la supresión del efecto destructivo de la acidez del suelo. También existen pruebas concluyentes de que muy pequeñas cantidades de ciertas sustancias orgánicas (ácidos húmicos altamente dispersos) tienen un efecto definitivo, positivo en el crecimiento y desarrollo de la planta. Aún se necesita mucha investigación para entender el mecanismo del proceso.

### **El papel de los ácidos húmicos**

El valor de adiciones regulares de materia orgánica al suelo ha sido reconocido por agricultores desde tiempos prehistóricos. Sin embargo, la química y función de la materia orgánica ha sido tema de controversia desde que el hombre empezó su suposición sobre ésta en el siglo 18. Hasta los tiempos de Liebig, se suponía que el humus se utilizaba directamente por las plantas, pero después Liebig demostró que el crecimiento de las plantas dependía de los componentes orgánicos. Muchos científicos que estudian los suelos sostienen el punto de vista de que la materia orgánica era útil para la fertilidad sólo mientras se dividía con la liberación de sus elementos de nutrientes de formación en formas orgánicas.

En la actualidad la mayoría de científicos que estudian los suelos mantienen un punto de vista más moderado y por lo menos reconocen que el humus tiene influencia en la fertilidad del suelo por medio de su efecto en la capacidad de retención de agua del suelo. También, a medida que las plantas han demostrado absorber y transferir las complejas moléculas orgánicas de los insecticidas sistémicos, no pueden desacreditar la idea de que las plantas pueden tener la capacidad de absorber las formas solubles del humus.

Durante los últimos 150 años se ha aprendido mucho sobre la química de la materia orgánica. Algo del trabajo más reciente realizado por Sprengel sobre el fraccionamiento de la materia orgánica aún forma la base de métodos utilizados actualmente. Estos métodos utilizan el hidróxido de sodio diluido (2 por ciento) para separar el humus como una capa coloidal de residuos de plantas insolubles en álcali.

De este suelo de humus, la fracción húmica se precipita por el ácido que deja una parte flotante amarillo claro, la fracción fúlvica. La parte soluble en alcohol de la fracción húmica generalmente se denomina ácido úlmico.

Más recientemente, los análisis cromatográficos, espectrofotométricos y de rayos X han añadido mucho a nuestro conocimiento sobre los grupos estructurales orgánicos presentes en el humus. Las reacciones de los sitios de intercambio de catión y anión también se han estudiado extensamente. Sin embargo, han habido pocos intentos para establecer una relación entre los atributos químicos y de fertilidad del suelo: reducción, quelación de elementos esenciales y efecto hormonal de materia orgánica de la misma fuente.

Kononova, al escribir en la Unión soviética, en donde el humus parece ser un tema favorito de investigación, hace algunas demandas muy extravagantes para los efectos de los ácidos húmicos en el suelo. Ella ha reportado largamente sobre los efectos benéficos del humus en la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas, pero ha ignorado grandemente los datos de aquellos trabajadores que no obtuvieron una respuesta del humus o de otro modo, obtuvieron un efecto destructivo. Sin embargo, una vista breve a la literatura revela algunos resultados contradictorios; y para cada referencia sobre el éxito del humus hay una referencia a su fallo. Es obvio que fuera de ese amplio grupo de sustancias del suelo que

pueden separarse por la extracción alcalina, los ácidos húmicos; hay algunas que promueven la fertilidad del suelo y algunas que no.

Jenkinson y Tinsley han demostrado que las ligno-proteínas (material húmico) de diferentes fuentes tienen muy diferentes espectros infrarrojos; y Makstnow y Liwski han demostrado diferencias en la respuesta de las plantas a los fertilizantes húmicos de acuerdo con su método de preparación. Por lo tanto se espera que la fuente y método de extracción sea especialmente importante para decidir el potencial de fertilidad del suelo de los ácidos húmicos.

El trabajo reciente sobre la química de leonardita, una forma oxidada del carbón lignítico, reveló que está compuesto principalmente de sales mezcladas de ácidos húmicos. La disponibilidad de cantidades comerciales de ácidos húmicos por primera vez realiza una serie de estudios importantes tanto en los atributos químicos como de la fertilidad del suelo.

Los ácidos húmicos son coloides y se comportan un poco como la arcilla, a pesar de que la nomenclatura sugiere que son ácidos y forman sales verdaderas. Cuando los sitios de intercambio de catión en la molécula húmica se llenan predominantemente con iones de hidrógeno, el material se considera un ácido y se denomina de acuerdo con esto. Sin embargo, no tiene un gran efecto en el pH debido a que el ácido no es soluble en agua. Cuando el catión predominante en los sitios de intercambio es diferente al hidrógeno, el material se denomina humato. Los humatos de metales alcali monovalentes son solubles en agua, pero los humatos de metales multivalentes no son solubles. Aparte de su efecto en la solubilidad de los materiales y su absorción por medio de la arcilla, los diferentes cationes tienen poco efecto en las moléculas húmicas.

### **La acción de las sustancias húmicas**

Las sustancias estrictamente húmicas participan activamente en la descomposición de rocas y minerales. La descomposición de diferentes minerales por medio de soluciones de ácidos húmicos ha sido demostrada por muchos investigadores. El carácter de la acción depende de la naturaleza de sustancias húmicas, así como de la resistencia de los minerales.

Las sustancias húmicas, como compuestos orgánicos de naturaleza individual, promueven la conversión de un número de elementos en formas disponibles para las plantas. La disponibilidad en aumento de P205, en presencia de ácidos húmicos ha sido bien documentada. El efecto de los ácidos húmicos en la conversión de hierro en formas disponibles protegiendo a las plantas de la clorosis aún en presencia de un alto contenido de P205 fue demostrado por DeKock en 1955. En el suministro de elementos de rastro y elementos raros en las plantas, los compuestos juegan un papel importante en el que se vinculan con las sustancias húmicas en forma de quelatos.

Numerosos reportes están disponibles en presencia de reacciones tipo auxina por causa de sustancias húmicas. También se ha establecido que las sustancias húmicas aumentan en la capacidad de germinación de la semilla y el contenido de vitaminas de las plantas.

Lieske reporta que los ácidos húmicos y sus derivados aumentan la permeabilidad de las membranas de las plantas, promoviendo de esta manera la absorción de los nutrientes.

Muchos investigadores han observado un efecto positivo de las sustancias húmicas en el crecimiento de varios grupos de microorganismos. Ellos atribuyen este efecto a la presencia de hierro en los ácidos húmicos o a su naturaleza coloidal o estiman las sustancias húmicas como catalizadores orgánicos.

En experimentos realizados en la infiltración de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  en las hojas de los girasoles, se descubrió que la presencia de los ácidos húmicos aumentaba el porcentaje de contenido y la cantidad total de nitrógeno. Los ácidos húmicos en pequeñas cantidades actúan como agentes detectores específicos, aumentando la permeabilidad del plasma y resultando en una absorción mayor de los nutrientes en las plantas, en grandes cantidades, los ácidos húmicos son una fuente de hierro disponible.

Khristeva considera que los ácidos húmicos que ingresan en la planta en las primeras etapas del desarrollo son una fuente suplemental de polifenol, cuya función es un catalizador respiratorio. Esto resulta en un aumento en la actividad de vida de la planta: los sistemas de enzimas se intensifican, la división de células se acelera, los sistemas de las raíces muestran un mayor desarrollo y, por último el rendimiento de la materia seca aumenta.

El efecto de distribución de las sustancias húmicas en la planta, que se observan en el medio externo y en los procesos bioquímicos que ocurren en la planta, se ha demostrado bien.

En los métodos de preparación y fabricación de fertilizantes húmicos, aún se necesita mucha investigación. Los principios generales que surgen de los argumentos teóricos son: la presencia en los fertilizantes de sustancias de naturaleza de quinina que ejercen un efecto estimulante en las plantas; la posibilidad de que las sustancias húmicas se conviertan a un estado altamente disperso, favoreciendo su penetración en la planta. La pequeña cantidad de fertilizante húmico no se puede considerar como un fertilizante principal: su efecto estimulante sólo se observa en presencia de un suministro adecuado de nutrientes principales—nitrógeno, fósforo y potasio. Hay un interés creciente en el uso de materiales orgánicos como fertilizantes o mejoras al suelo. Esto se puede atribuir a: 1) un interés en la reducción del uso de fertilizantes químicos; 2) la preocupación pública por los posibles efectos en la contaminación de químicos en el ambiente; y 3) una necesidad apremiante de conservación de energía. La investigación reportada aquí fue realizada en un esfuerzo por explorar el material humato como uno de los recursos naturales orgánicos con el potencial para llenar algunas de estas necesidades.

**Referencia:** Senn, T. L. y Alta R. Kingman, 1973, Un Resumen de Humus y Ácidos Húmicos. Serie de Investigación No. 145, S. C. Estación de Experimentos Agrícolas, Clemson, South Carolina.