



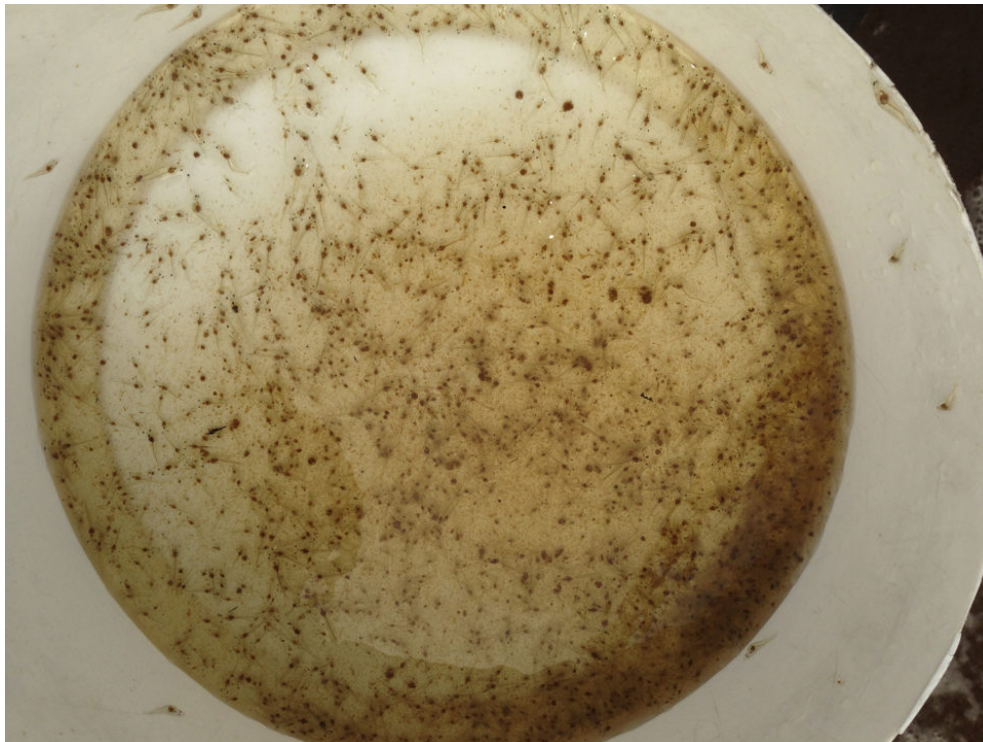
ENVIRONMENTAL & SOCIAL RESPONSIBILITY (/ADVOCATE/CATEGORY/ENVIRONMENTAL-SOCIAL-RESPONSIBILITY).

Relaciones carbono-nitrógeno en fertilización de estanques y sistemas de biofloc

Monday, 9 July 2018

By Claude E. Boyd, Ph.D.

La cantidad correcta de carbohidratos es una consideración de manejo importante



Los sistemas eficientes de acuicultura de biofloc requieren adiciones continuas de carbohidratos para mantener una alta tasa de formación de biofloc y apoyar adecuadamente a los animales cultivados. Note las postlarvas del camarón y las partículas densas de biofloc. Foto de Fernando Huerta.

La proporción de carbono a nitrógeno (relación C/N) se ha utilizado para evaluar el estado de la materia orgánica del suelo y la utilidad del estiércol del ganado y otras fuentes de materia orgánica como enmiendas del suelo y fertilizantes en la agricultura tradicional durante muchas décadas. La relación C/N también es un indicador de la fertilidad del suelo del fondo del estanque y de la calidad del fertilizante orgánico en la acuicultura. Más recientemente, la relación C/N ha proporcionado una base para mejorar el desarrollo de bioflocs en sistemas de acuícolas de biofloc

La proporción C/N de materia orgánica estable en suelos terrestres es generalmente de alrededor de 10:1 a 12:1, y la relación es de aproximadamente 6:1 a 12:1 en suelos de estanques. Los fertilizantes orgánicos tienen una relación C/N más alta con un rango de al menos 20:1 a 100:1. A medida que la materia orgánica se descompone, las bacterias usan materia orgánica como fuente de energía en la respiración y el dióxido de carbono se mineraliza en el medio ambiente. Esto disminuye la cantidad de carbono orgánico en el residuo en descomposición mientras que el nitrógeno se retiene con el residuo en la biomasa bacteriana. El resultado es una disminución en la relación C/N a medida que el residuo se descompone.

La relación C/N (en base al peso seco) es de alrededor de 5:1 para las bacterias y alrededor de 10:1 para los hongos. Los microorganismos de descomposición tienen un alto contenido de nitrógeno (10 por ciento en bacterias y 5 por ciento en hongos). Debido a que los microorganismos requieren una gran cantidad de nitrógeno para producir nuevas células, por lo general descomponen los residuos orgánicos con más nitrógeno más rápido de lo que se descomponen con menos nitrógeno. Los residuos generalmente tienen una alta concentración de carbono (30-45 por ciento), pero las bacterias y los hongos tienen un 50 por ciento de carbono. A medida que se pierde carbono a través de la respiración microbiana, se alcanza una relación C/N bastante constante en la materia orgánica estable en la que la respiración de las bacterias es mucho más lenta que en la materia orgánica fresca.

Los textos sobre microbiología del suelo a menudo indican que las bacterias convierten alrededor del 5 al 10 por ciento de la materia orgánica en células nuevas durante la descomposición, mientras que la conversión por hongos es del 30 al 40 por ciento. Un boletín reciente de una importante universidad de EE. UU. tiene un ejemplo en el que 100 gramos de residuos orgánicos dan como resultado 3 a 8 gramos de biomasa bacteriana, 60 a 80 gramos de dióxido de carbono y 13 a 38 gramos de materia orgánica residual que continuará descomponiéndose lentamente durante varios años. Esto sugiere una conversión a nuevas células bacterianas de 3.4 a 12.9 por ciento. Las bacterias y otros microorganismos heterotróficos tienen períodos cortos de vida, y contribuyen al grupo de materia orgánica cuando mueren. La biomasa microbiana tiene una baja relación C/N y se descompone fácilmente.

Eficiencia de crecimiento microbiano

En materia orgánica fresca y fácilmente descomponible, la cantidad de biomasa bacteriana formada por unidad de materia orgánica descompuesta es mucho mayor que la indicada en el párrafo anterior. Un artículo de 2006 de J. Six y sus colegas publicado en la *Soil Science Society of America Journal* revisó varios informes sobre la eficiencia del crecimiento microbiano (MGE), a menudo llamada la eficiencia de la asimilación de carbono en documentos anteriores.

El MGE (gramos de carbono en nuevas células microbianas, gramos de carbono metabolizado) varió de 0.1 a 0.85 (promedio de 0.42) en estudios de laboratorio, de 0.01 a 0.70 (promedio de 0.33) en ambientes acuáticos, y 0.14 a 0.77 (promedio de 0.53) en suelos terrestres. Los amplios rangos en MGE pueden atribuirse a diferencias en la naturaleza de la materia orgánica que se descompone, es decir, su complejidad química, concentración de nitrógeno, relación C/N y condiciones ambientales. También parece que el MGE es menos en ambientes acuáticos que en ambientes terrestres. La revisión reveló además que los modelos de dinámica de carbono orgánico utilizaban valores de MGE de 0.30 a 0.55.

Un punto es bastante claro: debido a que los fertilizantes orgánicos añadidos a los estanques acuícolas tienen amplias relaciones C/N (generalmente de 20 a 40 o más), se descomponen bastante lentamente debido a la falta de nitrógeno. Los fertilizantes químicos que contienen nitrógeno a menudo se aplican con fertilizantes orgánicos para proporcionar una fuente rápida de nitrógeno para aumentar la tasa de descomposición del fertilizante orgánico y la mineralización resultante del fósforo para estimular la productividad primaria.

En la acuicultura basada en alimentos balanceados, los alimentos tienen relaciones C/N estrechas de 7:1 a 10:1, el C/N de las heces es sin duda más amplio que en los alimentos de los que se deriva, pero las relaciones C/N de plancton muerto son similares a los de los alimentos. La materia orgánica añadida y producida naturalmente en estanques acuícolas basados en alimentos balanceados, así como la que se agrega a las jaulas y otros sistemas acuícolas se descompone mucho más rápido que los fertilizantes orgánicos.

Cuando los residuos orgánicos con una relación C/N estrecha se descomponen, hay más nitrógeno en ellos de lo que las bacterias pueden usar para el crecimiento, y el nitrógeno se mineraliza en el medio ambiente como amoníaco. En otras palabras, cuanto más nitrógeno hay en un residuo, más amoníaco se mineraliza. Por supuesto, si no hay suficiente nitrógeno en el residuo para satisfacer los requisitos microbianos inmediatos, la descomposición será lenta. Los microorganismos deben morir y su nitrógeno debe reciclarse para que el residuo continúe descomponiéndose. En situaciones donde el amoníaco y el nitrato son abundantes en el ambiente, los microbios heterotróficos pueden utilizar estas dos formas de nitrógeno inorgánico soluble mientras descomponen la materia orgánica, un proceso llamado inmovilización de nitrógeno. La aplicación de urea con fertilizante orgánico mencionado anteriormente tiene la intención de estimular la descomposición de fertilizantes orgánicos de alto C/N al facilitar la inmovilización de nitrógeno.

Acuicultura de biofloc y aportes de carbohidratos

La acuicultura de biofloc es altamente intensiva y las tasas de alimentación pueden exceder los 500 kg/ha por día. La oxidación microbiana del alimento no consumido, las heces y la excreción metabólica por los animales cultivados suministra más nitrógeno de amoníaco que el que puede ser usado por el fitoplancton y las bacterias nitrificantes. La comunidad planctónica en un sistema de producción intensiva cambia del dominio del fitoplancton a la dominancia por microbios heterotróficos a medida que aumenta la tasa de alimentación. Sin embargo, el nitrógeno amoniacal se acumula en el agua porque las bacterias son residuos en descomposición con bajas relaciones C/N, y la cantidad de biofloc puede no ser alta.

Los bioflocs son consumidos por las especies cultivadas, y esto puede aumentar la eficiencia del uso de alimento al reciclar el nitrógeno residual del alimento en bioflocs. El control de amoníaco también resulta de la inmovilización de amoníaco disuelto en bioflocs. Por lo tanto, se debe fomentar el desarrollo de bioflocs en la gestión de sistemas biofloc. John Hargreaves discutió los bioflocs en una **hoja de datos (<http://srac.msstate.edu/publications.html>)** de la Southern Regional Aquaculture Conference y concluyó que la ruta heterotrófica (formación de biofloc) se favorecía en relaciones C/N de 12:1 a 15:1. La mayor relación C/N debería dar como resultado una mayor producción de bioflocs que conducen a la inmovilización de nitrógeno amoniacal. Su recomendación fue agregar 0.5 a 1.0 kg de una fuente de carbohidratos como azúcar por cada kilogramo de incremento de alimento aplicado.

La cantidad de azúcar u otra fuente de carbohidratos que se aplicará en los sistemas de biofloc se puede calcular aproximadamente con la ayuda de un valor MGE. Se dará una ilustración en la que se supone que se aplica un 35 por ciento de proteína cruda (5,6 por ciento de nitrógeno) a 400 kg/día en un sistema de biofloc de camarón de 10.000 metros cúbicos de agua con FCR de 1.3. La carga diaria de nitrógeno amoniacal en el agua se estimó en 14 kg (1,4 mg/L equivalente en 10.000 metros cúbicos de agua).

Asimilado a un nuevo crecimiento bacteriano, 1,4 mg/L de nitrógeno amoniacal produciría 14 mg/L de biomasa bacteriana (1,4 mg/L de amoníaco, 0,1 mg de nitrógeno/mg de bacterias). Esta cantidad de bacterias contiene 7 mg/L de carbono (14 mg/L de bacteria / 0,5 mg de carbono/mg de bacteria). El azúcar puro (C₆H₁₂O₆) es 40 por ciento de carbono. Suponiendo un MGE de 0.5, el requerimiento de carbono orgánico es 14 mg/L (7 mg/L de carbono bacteriano, 0.5 MGE). El azúcar contiene 40 por ciento de carbono y 35 mg/L se debe aplicar diariamente (14 mg/L de azúcar, 0,4 mg de carbono de azúcar). La tasa de aplicación de azúcar sería de 350 kg de azúcar/día en el sistema de 10.000 metros cúbicos, porque 1 mg/L equivale a 1 kg/1,000 metros cúbicos.

La entrada combinada de 350 kg de azúcar (40 por ciento de carbono) y 400 kg de alimento (42 por ciento de carbono, 5,6 por ciento de nitrógeno) da como resultado una relación C/N de 13.8: 1. La proporción recomendada por Hargreaves fue 12:1 – 15:1. La tasa de entrada de carbohidratos estimada utilizando MGE da como resultado una relación C/N dentro del rango recomendado. La tasa de azúcar calculada también está dentro del rango de 0.5 a 1.0 kg de azúcar por cada 1 kg de alimento sugerido por Hargreaves. No sé si calculó su estimación o si se basó en su experiencia.

La gran cantidad de azúcar requerida en un sistema biofloc representa un gasto y una demanda de oxígeno. La demanda de oxígeno del azúcar es de 1,07 mg/L de oxígeno por cada incremento de 1 mg/L de azúcar, y la demanda de un aporte de 350 kg/día de azúcar en un sistema de biofloc de 10,000 metros cúbicos sería 37.5 mg/L.

Los carbohidratos deben agregarse continuamente a un sistema biofloc para mantener una alta tasa de formación de biofloc. En ausencia de materia orgánica fácilmente descomponible, las bacterias no podrían usar el amoníaco abundante y mantener un alto MGE. La acumulación de amoníaco en el agua aumentaría, MGE disminuiría y habría menos bioflocs.

El autor no tiene conocimiento de estudios que hayan investigado el alcance de MGE en sistemas de biofloc ni hayan determinado los factores que causan las diferencias en MGE. Debido a que se han reportado grandes variaciones en MGE en ambientes acuáticos y terrestres, las investigaciones de MGE en sistemas acuícolas de bioflocs serían útiles.

Author



CLAUDE E. BOYD, PH.D.

School of Fisheries, Aquaculture and Aquatic Sciences

Auburn University

Auburn, Alabama 36849 USA

boydce1@auburn.edu (<mailto:boydce1@auburn.edu>).