

Abstract:

The aim of this study was to compare biomass production and nutrient assimilation (ammonium, phosphates, nitrates and nitrites) of *Ulva lacinulata* growing in two types of culture tanks with a view to choosing the best model for its integration into AMTI system. The results obtained indicate that the tank with the greatest surface area is the most productive and the highest rates of ammonium and phosphates assimilation occur at times of higher temperature and light availability. No significant differences were detected between the two experimental groups at the level of nutrient assimilation.

Resumen:

El objetivo de este trabajo fue comparar la producción de biomasa y la asimilación de nutrientes (amonio, fosfatos, nitratos y nitritos) de *Ulva lacinulata* en dos tipos de tanque de cultivo con vistas a la elección del mejor modelo para su integración en un sistema de AMTI. Los resultados obtenidos indican que el tanque con mayor área en superficie es el más productivo y las mayores tasas de asimilación de amonio y fosfatos se producen a las horas de mayor temperatura y disponibilidad de luz. No se detectaron diferencias entre los dos grupos experimentales a nivel de asimilación de nutrientes.

Introducción:

Dos de los principales retos para el diseño de configuraciones de Acuicultura Multitrófica Integrada AMTI en tierra con macroalgas son la elección y el manejo de la especie más adecuada y la selección de los tanques de cultivo más idóneos. El género *Ulva* es muy apropiado para su incorporación en sistemas AMTI y AMTI- RAS por su capacidad para ser cultivado en suspensión, su amplia tolerancia ambiental y sus altas tasas de crecimiento y de eficiencia en la eliminación de N y P de las aguas residuales procedentes de piscifactorías (Nederloff et al., 2022). En este sentido el Centro Oceanográfico de Santander COST viene trabajando en los últimos años con la especie *Ulva lacinulata* (Kützting) Wittrock con buenos resultados (Hernández-Rojas et al., 2019). Asimismo la elección de un sistema u otro de cultivo debe de tener en cuenta la respuesta de las macroalgas a nivel de productividad y de asimilación de nutrientes en el mismo. El objetivo del presente trabajo fue comparar el comportamiento de *U. lacinulata* en dos modelos de tanque de cultivo con vistas a su posterior inclusión en configuración AMTI.

Metodología:

El experimento se realizó por triplicado durante el mes de julio de 2023 y tuvo una duración de 4 semanas. Durante el mismo se realizaron 4 pruebas consecutivas de 7 días de duración. Se establecieron dos grupos experimentales: Grupo A y Grupo B. Grupo A formado por tanques de 686 L tipo cuna con fondo circular y área en superficie rectangular (2 m²) y Grupo B con tanques de 457 L tipo vaso de fondo plano y área en superficie circular de 0.567 m². Los talos de *U. lacinulata* procedieron del stock del COST. La biomasa algal inicial en todos ellos fue de 1.5 Kg m⁻³ y ajustada semanalmente. La renovación diaria de agua en todos los tanques fue del 200% y la aireación fue vigorosa para que las algas se mantuvieran en suspensión. La dosificación de nutrientes diaria estuvo basada en el medio F2 de Guillard (12.4 ppm de N y 1.2 ppm de P por día) con la fuente de N (NaNO₃) sustituida por NH₄Cl, con el fin de que la fuente de N fuese semejante a la que proporcionaría un hipotético cultivo multitrófico que incluyese peces. La administración de nutrientes se realizó de forma continua al agua de entrada a través de una bomba peristáltica. Para el estudio de crecimiento se determinó el peso fresco en cada uno de los tanques el día 7 y final de cada periodo. Las tasas específicas de crecimiento (Tasa (% día⁻¹) = [(Ln Biomasa final – Ln Biomasa inicial) / tiempo * 100]) fueron calculadas. Para el estudio de asimilación de nutrientes los días 4 de cada una de las semanas se tomaron muestras a las 9, 13, 16 y 21 horas del agua de entrada y salida de cada uno de los tanques. La concentración de nitratos, nitritos, amonio y fosfatos fue determinada por colorimetría mediante el espectrofotómetro SQ118 de Merck, previa preparación de las curvas patrón para cada uno de los compuestos estudiados. La temperatura, el oxígeno y el pH se midieron todos los días a las 9, 13, 16 y 21 horas. La iluminación fue natural y durante todo el experimento se midió en continuo la radiación fotosintéticamente activa superficial (PAR) mediante un medidor PAR Apogee®. La salinidad fue de 36.3 ± 0.5 gL⁻¹. Para los dos tratamientos se estableció un tanque control sin algas. Todos los resultados obtenidos fueron comparados estadísticamente mediante ANOVA. Para el caso del crecimiento se consideró el tipo de tanque como factor fijo y las semanas como factor de medidas repetidas, mientras que para la asimilación de nutrientes el tipo de tanque y la hora de muestreo se consideraron como factores fijos y la semana como factor de medidas repetidas.

Resultados y discusión:

El grupo A mostró un crecimiento mayor ($P < 0.05$) en todos los periodos (Fig. 1). Los valores de las tasas de crecimiento promedio para los tanques As y Bs estuvieron comprendidos entre 21.3 – 23.1 vs 13.1 – 18.1 % día⁻¹ respectivamente. En relación a la asimilación de nutrientes, no se detectaron diferencias significativas entre ambos grupos para los cuatro nutrientes estudiados. Observándose cierta variabilidad en los resultados obtenidos.

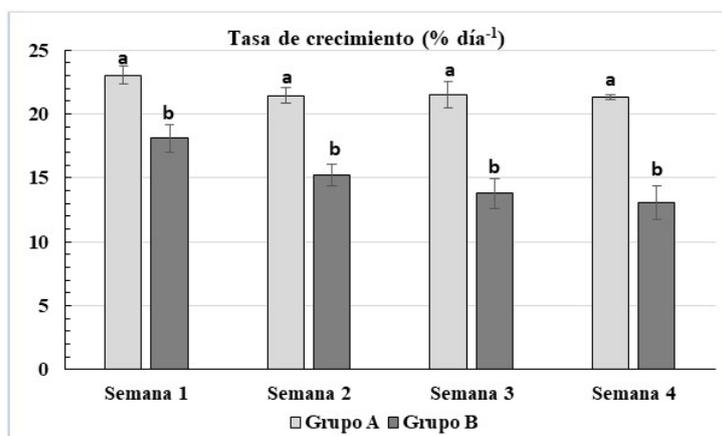


Figura 1: Tasa específica de crecimiento (% día⁻¹) de los dos grupos experimentales en las cuatro semanas estudiadas (Media \pm desviación estándar). Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$).

Sin embargo sí que se detectaron diferencias ($P < 0.05$) en las tasas de asimilación de amonio y fosfatos a las cuatro horas estudiadas (9, 13, 16 y 21 h). Registrándose los más altos rendimientos a las 16 h seguidos de las 13 h, 9 h y 21 h para el amonio y a las 16 h seguidas de las 13 h, 21 h y 9 h para los fosfatos. Los valores medios de asimilación en los tanques oscilaron entre los 12.8 y los 76.0 mg h⁻¹ para el N-NH₄⁺ y los 6.92 y los 0.39 mg h⁻¹ para los P- HPO₄³⁻. Los valores de T^a, pH y Oxígeno ((% de saturación) a lo largo del experimento fueron de 23.1 \pm 2.7 °C, 108.0 \pm 10.3 %, y 8.9 \pm 0.5 respectivamente.

Los resultados indican una mayor productividad de *U. lacinulata* en los tanques As dotados de una mayor área superficial y muestran cómo las mayores tasas de asimilación de amonio y fosfatos son registradas en las horas de más temperatura y disponibilidad de luz. El tipo de tanque no afecta a la capacidad de biorremediación del alga estudiada. Resulta paradójico que habiéndose registrado mayor crecimiento en el grupo A, las tasas de asimilación de N y P sean similares en ambos grupos. Están pendientes resultados de análisis bioquímicos (N y P en tejido) y morfológicos de muestras de *U. lacinulata* tomadas a lo largo del experimento que permitirán conocer la fijación de N y P y el estado en los dos tratamientos estudiados.

Palabras clave: *Ulva lacinulata*, AMTI, productividad, asimilación

Bibliografía:

Hernández-Rojas A. et al., 2019. Desarrollo y optimización de nuevos piensos funcionales basados en la sustitución de harinas de pescado por micro y macroalgas para el engorde de rodaballo. ALGADIET. Informe técnico Programa Pleamar – Fundación Biodiversidad – MITECO – FEMP: 106 pág.

Nederloff et al., 2022. *Ulva* spp performance and biomitigation potential under high nutrient concentrations: implications for recirculating IMTA systems. Journal of Applied Phycology 34: 2147-2171.

Agradecimientos: Este estudio ha sido financiado por el Gobierno de España con fondos NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y por el Gobierno de Cantabria dentro del Plan Complementario de Ciencias Marinas ThinkInAzul. Los/as autores/as queremos expresar nuestro agradecimiento al Personal de Apoyo técnico de la PCM El Bocal del COST.

Correo autora: carmen.lopez@ieo.csic.es