

Producción de *Arundo donax* L en sistemas sin suelo haciendo uso de aguas residuales urbanas

J. Andréu-Rodríguez¹, A. Pérez-Espinosa², R. Pérez- Aniorte², M.D. Pérez-Murcia², C.E. Ferrández-García¹; M.T. Ferrández-García¹, D. Santacreu², R. Moral², C. Paredes² y M.A. Bustamante²

¹ Dpto de Ingeniería, Ctra. Beniel, km 3,2 Orihuela (Alicante). Universidad Miguel Hernández de Elche. jandreu@umh.es

²Grupo de Investigación Aplicada en Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández (UMH). Ctra. Beniel Km 3,2, 03312 Orihuela (Alicante), España.

Resumen

Arundo donax (AD) es una especie invasiva naturalizada en cauces fluviales de zonas mediterráneas que se puede constituir en una fuente potencial de servicios agrosistémicos a nivel de producción de biomasa no alimentaria y por su capacidad de depuración de aguas residuales. En este trabajo se realiza un estudio preliminar respecto a la viabilidad del uso de AD en sistemas modulares de producción de biomasa sin suelo haciendo uso de aguas residuales urbanas. Para ello se realizó un experimento de 2 años de duración usando contenedores de cultivo estratificados donde se incorporaba agua residual procedente del tratamiento secundario de la EDAR de Torre Vieja. Se determinó el volumen y carga orgánica de entrada y salida de los contenedores de cultivo, así como la producción de biomasa aérea y de rizoma, materia seca, fijación de C atmosférico y contenido en N.

Palabras clave: *Arundo donax*, depuración, biomasa, fijación de C y contenido en N

Use of municipal wastewater for *Arundo donax* L production in soilless systems

Abstract

Arundo donax (AD) is an invasive species naturalised in rivers of Mediterranean areas that may constitute a potential source of agrosystem services due its capacity to produce non-food biomass and sewage treatment capacity. This paper is a preliminary study regarding the feasibility of the use of AD in soilless modular systems for biomass using wastewater fluxes. The experiment was conducted during 2 years using stratified growing containers using residual water from the secondary treatment of the WWTP of Torre Vieja. Volume and organic loading of input and output growing containers, biomass yield and morphologic aspects on stems and rhizome, and dry matter, C and N contents and extraction were determined and discussed.

Keywords: *Arundo donax*, sewage treatment, biomass, C fixation and N contents

INTRODUCCIÓN

La gestión de la especie invasiva *Arundo donax* (AD) en el cauce de los ríos mediterráneos suponen anualmente una ingente cantidad de recursos públicos para su arranque-control mediante poda mecánica ineficiente, puesto que no se extrae el rizoma y por tanto se regenera de forma natural y anual siendo ya una especie predominante en las riberas de ríos como Segura y Júcar. Sin embargo, las mismas propiedades que la constituyen en invasiva podrían ser muy adecuadas en la depuración de aguas residuales

así como en la producción de biomasa no alimentaria para usos energéticos o constructivos. La proliferación de sistemas artificiales de depuración denominados “constructed wetlands” en el tratamiento de flujos residuales ganaderos, ej. purines de cerdo en Carolina del Sur constituyen un ejemplo de sistemas de bajo coste y fácil implantación aplicables al sector primario (Konnerup *et al.*, 2009). La tecnología “Vertical-subsurface flow constructed wetlands (VFCWs)” está siendo usada con éxito en depuración de aguas debido al descenso de la DQO (90%), nitrificación (90% $\text{NH}_4\text{-N}$) y bajos costes de operación (Tsihrintzis *et al.*, 2007). El uso combinado de plantaciones de especies como Canna, Heliconia, o Arundo permite mejorar las eficiencias de depuración. En este sentido, Zhao *et al.* (2010) observaron incrementos en la eficiencia de depuración en torno al 15-30% de wetlands no plantados frente a los plantados. De forma adicional, AD es un productor de biomasa muy eficiente, con una productividad natural de 20 ton m.s.ha^{-1} y de 55 ton m.s.ha^{-1} en cultivo (1,80-3,70 kg.m^{-2} año m.s.). Angelini *et al.* (2005) en una revisión indican una producción de 608 MJ.ha^{-1} con un contenido en cenizas del 5%, que supera a *Helianthus tuberosus*, *Hibiscus cannabidis*, *Kopchia scaparia*, *Sorghum bicolor*, *Cynara cardunculus*; *panicum máximum* y *Panicum virgatum* solo superado por *Miscanthus sinensis* (632 MJ.ha^{-1}).

En este trabajo preliminar de investigación, hemos diseñado un sistema modular de producción sin suelo inspirado en sistemas VFCWs para la producción de biomasa haciendo uso de aguas residuales urbanas usando AD como especie asociada al sistema, estudiando el rendimiento del sistema, así como el consumo hídrico y comportamiento del sistema propuesto a nivel de captura de N excedentario del sistema depurativo y generación de biomasa para posteriores usos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Estación depuradora de aguas residuales de Torrevieja (Alicante, latitud 37° 58' 21.07" N y longitud 0° 42' 8.48"W; altura 0 m snm). Los datos climáticos fueron obtenidos de la estación climática situada en el Pilar de Horadada (Alicante) perteneciente al MAGRAMA, que se encuentra aproximadamente a unos 12 km de distancia. La experiencia se realizó durante los años 2013 y 2014. El sistema propuesto basado en VFCWs se implantó en depósitos de polietileno de alta densidad y alto peso molecular, con estabilizante UV y color natural, y válvula de 2" de vaciado, con dimensiones de 120x100 cm y profundidad de 115 cm (1000 l de capacidad). El sistema percolador se estableció mediante 4 capas: capa inferior de grava gruesa (20-40 mm) de 20 cm de espesor; capa de grava media (6-12 mm) de 15 cm espesor; capa de grava fina (4-6 mm) de 15 cm espesor y finalmente, una capa superior de arena (0-1 mm) de 50 cm de espesor. Se usaron 6 depósitos, donde dos fueron un control sin implantación de AD. Esta agua residual se suministraba a los sistemas VFCW mediante gravedad desde un depósito situado a 4 m de altura, y mediante una tubería de polietileno de alta densidad de diámetro nominal 50 mm y unos microtubos de polietileno de 5 mm para disminuir las posibles obturaciones de los emisores.

La plantación de *Arundo donax* se realizó el clon k-12 facilitado por la empresa Biothek Ecologic Fuel. Se plantaron 6 plantas por depósito; las dosis medias anuales de agua aportadas fueron 1400 mm durante el 1° año y 1450 mm durante el 2° año. Una vez al mes se realizó el vaciado del agua de los depósitos, tomando muestra de cada uno de ellos para el análisis de la calidad del agua. A los 12 y 24 meses del inicio del experimento se realizó siega, analizando diversos parámetros bioagronómicos (n° plantas,

alturas, nudos por planta, diámetro, distancia a nudo basal), así como rendimiento de biomasa fresca y seca a nivel aéreo y rizomático. Se analizó finalmente contenido y fijación de C y N. A nivel de depuración se cuantificó la variación de carga orgánica de los flujos de entrada y salida del sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestra la composición promedio del agua residual utilizada en este experimento, así como las características promedio del agua evacuada de forma mensual de los depósitos VFCW control sin planta (control) y de los depósitos VFCW con AD.

Se han encontrado diferencias significativas en la calidad del agua en los depósitos con AD y control (sin AD). Los parámetros medidos de control de la salinidad como la conductividad eléctrica y el residuo seco se han incrementado en el depósito con planta respecto al control, posiblemente debido a la alta evapotranspiración del *Arundo donax*. Respecto a la carga orgánica medida a través de los sólidos en suspensión, DBO y DQO, también se aprecia un aumento muy significativo de estos parámetros en el depósito con planta respecto al control, la retención del agua en el depósito durante periodos de 30 días ha favorecido las condiciones para la proliferación de microorganismos y la incorporación y disolución de materia orgánica procedente de la gran masa de rizoma que se desarrolló en dichos depósitos. En la tabla 2, se pueden observar los resultados de producción de biomasa y rendimiento tanto en parte aérea como en rizoma para los diferentes años ensayados.

El rendimiento de AD en el sistema propuesto es muy elevado y asimilable a sistemas productivos sobre suelo y fertilización, siendo especialmente significativo a nivel de rizoma. La tasa de materia seca de la caña de AD varía en función de las condiciones climática, pareciendo existir un cierto descenso de la vegetatividad en el segundo año, con reducción además del número de plantas y de la altura acumulada. Respecto a captura de N en el flujo de agua residual secundaria, la extracción se sitúa en $171 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ año en caña y $1751 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ en rizoma para todo el experimento (2 años). La captura de C atmosférico también es muy eficiente, indicando la viabilidad de AD como cultivo mitigador del cambio climático, alcanzando $35,1 \text{ ton CO}_2\cdot\text{ha}^{-1}$ año promedio para caña y 178 para el rizoma para todo el experimento, con un valor anual para todo el cultivo de más de $120 \text{ ton CO}_2\cdot\text{ha}^{-1}$ año fijado en formas recalcitrantes que pueden resultar un sumidero más o menos permanente dependiendo del aprovechamiento de AD.

CONCLUSIONES

En este trabajo preliminar hemos demostrado la adaptación y capacidad de AD para producir biomasa de forma eficiente en entornos modulares sin suelo y con el único insumo de agua residual procedente del tratamiento secundario de una EDAR. No se observaron problemas de crecimiento, siendo significativa la captura de N residual en el cultivo así como la fijación de C especialmente a nivel rizosférico, pudiendo ser un sistema prometedor en el tratamiento de bajo coste de flujos residuales de alta carga orgánica.

Referencias

Angelini L.G. Ceccarini L. and Bonari E. 2005. Biomass yield and energy balance of giant reed. *European J. Agronomy*, Volume 22, Issue 4, May 2005, Pages 375-389

- Konnerup, D. Koottatep, T. and Brix, H. 2009. Treatment of domestic wastewater in tropical, subsurface flow constructed wetlands planted with *Canna* and *Heliconia*. *Ecological Engineering*. 35, 248–257.
- Tsihrintzis, V.A. Akrotos, C.S. Gikas, G.D., Karamouzis, D. and Angelakis, A.N. 2007. Performance and cost comparison of a FWS and a VSF constructed wetland systems. *Environmental Technology*. 28, 621–628.
- Zhao, Y. Liu, B. Zhang, W.G. Ouyang, Y. and An, S.Q. 2010. Performance of pilot-scale vertical-flow constructed wetlands in responding to variation in influent C/N ratios of simulated urban sewage. *Bioresource Technology*, 101:1693–1700.

Tabla 1. Características promedio del agua residual utilizada, del agua del depósito control sin AD y del agua de los depósitos con AD.

| Parámetro | Agua residual | VFCW sin AD | VFCW con AD | Agua residual | VFCW sin AD | VFCW con AD |
|---|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| | 2013 | | | 2014 | | |
| Año | | | | | | |
| pH | 7,51 | 7,78 | 7,26 | 7,44 | 7,74 | 7,25 |
| CE (dS.m ⁻¹) | 1,61 | 1,69 | 3,49 | 1,57 | 1,64 | 3,46 |
| Residuo seco (mg.l ⁻¹) | -- | 1208 | 2346 | -- | 1512 | 2522 |
| Potencial redox (mV) | -- | 42 | 14 | -- | 40 | -43 |
| DQO (mg O ₂ .l ⁻¹) | 29,0 | 20,8 | 85,8 | 33,0 | 35,6 | 83,6 |
| DBO (mg O ₂ .l ⁻¹) | 4,0 | 2,0 | 29,7 | 5,0 | 2,6 | 24,4 |
| SS (mg.l ⁻¹) | 3,0 | 4,5 | 7,4 | 4,0 | 7,6 | 15,2 |
| NTK (mg.l ⁻¹) | 14,6 | 2,52 | 2,88 | 13,7 | 2,6 | 2,3 |
| Boro (mg.l ⁻¹) | 0,3 | 0,28 | 0,52 | 0,4 | 0,24 | 0,33 |
| Volumen agua (mm) | 1400 | -- | -- | 1450 | -- | -- |

CE: conductividad eléctrica; SS: sólidos en suspensión; NTK: nitrógeno total Kjeldahl

Tabla 2. Rendimiento y parámetros bioagronómicos a lo largo del experimento.

| Parámetro | Primer Año ¹ | Segundo Año | Promedio/Acumulado |
|--|-------------------------|-------------|--------------------|
| | Parte aérea (caña) | | |
| Rendimiento m. fresca (t.ha ⁻¹) | 25,5b | 18,6a | 22,1/44,1 |
| Rendimiento m. seca (t.ha ⁻¹) | 14,9b | 9,4a | 12,2/24,3 |
| Materia seca caña (%) | 58,2b | 50,7a | 54,5/-- |
| Nº plantas/m ² | 113b | 82a | 97/-- |
| Espesor nudo central (mm) | 7,0a | 7,4a | 7,2/-- |
| Distancia entre nudo central (cm) | 4,5b | 3,4a | 3,9/-- |
| Altura promedio/caña (cm) | 88a | 76a | 82/-- |
| Nº nudos/caña | 31b | 24a | 27/-- |
| Contenido en C (g C.kg ⁻¹ biomasa m.s.) | 43,0a | 43,3a | 43,2/-- |
| Contenido en N (g N.kg ⁻¹ biomasa m.s.) | 0,76a | 0,81a | 0,78/-- |
| | Rizoma | | |
| Rendimiento m. fresca t.ha ⁻¹ | -- | -- | /179 |
| Rendimiento m. seca t.ha ⁻¹ | -- | -- | /85,7 |
| Materia seca % | -- | -- | /47,8 |
| Contenido en C (g C.kg ⁻¹ biomasa m.s.) | -- | -- | /31,2 |
| Contenido en N (g N.kg ⁻¹ biomasa m.s.) | -- | -- | /1,15 |

¹ Valores medios seguidos de la misma letra no son significativos (P < 0,05) entre años.