

Producción de biomasa eficiente en entornos salinizados: Potencialidad y eficiencia de *Arundo donax* L

J. Andréu-Rodríguez¹, A. Pérez-Espinosa², M.D. Pérez-Murcia², R. Moral², E. Agulló², M. Ferrández-Villena¹, M.T. Ferrández-García¹ y M.A. Bustamante²

¹Dpto de Ingeniería, Ctra. Beniel, km 3,2; 03312 Orihuela (Alicante). Universidad Miguel Hernández de Elche. jandreu@umh.es

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

Resumen

Los procesos de salinización creciente en entornos agrícolas costeros de zonas mediterráneas plantean escenarios complejos a la hora de la producción de biomasa, que deben aunar una alta producción y eficiencia fotosintética para poder superar los elevados potenciales osmóticos a nivel radicular. En este sentido, la recuperación de capacidad productiva en zonas marginales y degradadas se plantea en algunos casos como aprovechamientos no alimentarios con el desarrollo de cultivos para la producción de biomasa. En este experimento se ha usado *Arundo donax* L como cultivo energético para verificar su tolerancia y comportamiento en entornos salinos. Para ello se han establecido unas condiciones de cultivo en suelo con presencia creciente de salinidad. Durante tres años consecutivos se han estudiado diversos parámetros, como el rendimiento de biomasa aérea y de rizomas tanto en fresco como en seco, contenido en C y N, diferentes parámetros bioagronómicos (nº plantas/m², altura promedio/caña, nº nudos/caña, diámetro promedio y distancia entre nudo central), así como se ha evaluado el potencial de extracción de *Arundo donax*, mediante un balance de sales, y el potencial de fijación de C atmosférico.

Palabras clave: *Arundo donax* L, aguas salinas, rendimiento, parámetros bioagronómicos, contenido C y N.

Efficient production of biomass in salt-affected environments: potentiality and suitability of *Arundo donax* L

Abstract

The processes of increasing salinization in agricultural environments from coastal Mediterranean areas result in complex scenarios for the biomass production, which have to combine both high production and photosynthetic efficiency to overcome the high osmotic potentials at the root level. Thus, the recovery of the productive capacity in marginal and degraded areas arises in some cases as non-food uses with crop development for the production of biomass. In this experiment, *Arundo donax* L has been used as an energy crop to check its tolerance and behaviour in saline environments. For this, crop conditions in soil with an increasing presence of salinity have been established. During three consecutive years, several parameters have been studied, such as the fresh and dry yields of aerial biomass and rhizomes, C and N contents and different bioagronomic parameters (nº of plants/m², average height/stem, nº of knots/stem, average diameter and distance to central knot), as well as the potential of extraction of *Arundo donax* has been evaluated, using a salt balance, and the potential of atmospheric C fixation.

Keywords: Arundo donax, saline water, yield, bioagronomic parameters, C and N contents.

INTRODUCCIÓN

La caña común (*Arundo donax* L), AD, es una planta perenne de rápido crecimiento de rama foliosa y sin ramificar, reconocida desde hace años como una de las plantas energéticas más importantes por su alta producción de biomasa. Por el contrario, es una de las 100 especies más invasoras del mundo, coloniza rápidamente entornos acuáticos, ya que no encuentra ni competidores ni depredadores. En el entorno mediterráneo, tiene una época de crecimiento a partir de marzo-abril, que termina en octubre-noviembre, incrementándose el rendimiento de la biomasa más del 50% el segundo año con respecto al establecimiento del cultivo (Angelini et al, 2005). Factores como la intrusión marina en suelos agrícolas, la sobreexplotación de acuíferos y el uso continuado de aguas de elevada salinidad en sistemas de gestión con elevados insumos fertilizantes, también salinos, ha generado una elevada salinización de los suelos, especialmente en zonas mediterráneas. En estas condiciones la implantación de cultivos eficientes puede representar una oportunidad de protección del suelo, y al mismo tiempo, la obtención de una producción agrícola alternativa no alimentaria.

Adicionalmente, este tipo de cultivos no alimentarios pueden actuar como sistemas depuradores del suelo dependiendo de su capacidad para extraer sales solubles, evitando su acumulación en suelos y/o acuíferos. Por ello, la utilización de aguas consideradas no aptas para otros cultivos (aguas residuales o con elevado contenido en sales), pueden emplearse en cultivos bioenergéticos. En este trabajo se plantea el estudio de la producción de biomasa a través de *Arundo donax* en entornos salinos mediante el uso de agua salina en su gestión, estudiando el rendimiento en la producción de biomasa, diferentes aspectos morfológicos, la distribución de los flujos salinos en el suelo y la planta.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO), Universidad Miguel Hernández, en el sureste español (latitud 38° 4' 12.67" N y longitud 0° 58' 58.71" W; y altitud 25m s.n.m.). El clima de la zona se clasifica Mediterráneo semiárido subtropical con un tipo de invierno Citrus (Ci) y un tipo de verano (O), el régimen térmico (MA) y el régimen de humedad es mediterráneo seco (me), Papadakis (1970). El sistema empleado estuvo basado en el cultivo de AD sobre suelo usando contenedores de poliéster de fibra de vidrio (125x58x80 cm), donde cada contenedor se llenó en la parte inferior con 10 cm de grava (20 mm) como capa de drenaje, y se terminó de llenar con 60 cm de altura de suelo perteneciente a la finca de la EPSO. Cada contenedor contaba con un tensiómetro entre 20-50 cm, según el año de cultivo para tener referencia del nivel de agua aportado. En todos los tratamientos se usó el mismo volumen de agua. No se aportó ningún tipo de abono durante todo el experimento.

En el diseño experimental se establecieron 3 tratamientos por triplicado donde al agua de riego procedente del río Segura se le añadió cloruro sódico para incrementar la salinidad basal de dicha agua en 0, 3 y 5 unidades de dS.m⁻¹. La plantación de *Arundo donax* (clon k-12 de Biothek Ecologic Fuel) se realizó a los 7 días de implantar el sistema, usándose 6 plantas por depósito. El sistema se mantuvo en producción durante los años 2013-2015. Las dosis de agua aportadas fueron 1000 mm para el 1º año y 1650 mm para

el 2º y 3º año, manteniendo la presión de tensiómetro en el rango 40-60 cb para mantener constante la humedad en el suelo y no estresar al cultivo. Estas condiciones coinciden con lo observado por Triana et al. (2015) a nivel de consumo hídrico, 1100 mm.año^{-1} , y con Tzanakakis et al. (2009) a nivel de ET entre 1000 y 1500 mm.año^{-1} .

El agua control de riego se analizó utilizando los métodos descritos en APHA (1998). Esta agua de riego presentaba un riesgo de salinización moderado, no mostrando riesgo en cuanto a problemas de permeabilidad. El pH se encontraba dentro del rango normal, mientras que el riesgo de toxicidad por sodio y cloruro en cultivos sensibles era moderado en riego superficial y elevado en riego por aspersión. El contenido de boro era bajo por lo que no induciría problemas de toxicidad en cultivos sensibles, así como el de nitrógeno total (NTK), por tanto no afectando a cultivos susceptibles. Esta agua también presentó niveles de contaminación orgánica bajos, indicado por los valores de DBO_5 y DQO.

En invierno (1ª semana de febrero) de 2013, 2014 y 2015, se realizó la recolección mediante corte a 5 cm por encima del suelo. Se determinaron parámetros como el contenido de C y N en el material vegetal mediante microanálisis elemental, la fijación del C atmosférico, el rendimiento de biomasa aérea y de rizomas fresca y seca, y diferentes parámetros bioagronómicos (n° plantas. m^{-2} , altura promedio/caña, n° nudos/caña, diámetro promedio y distancia a nudo basal). Al final del experimento se realizó un análisis de suelo estratificado (0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm), analizando conductividad eléctrica (CE) del suelo en el extracto 1:5 (p/v) y la reacción del suelo (pH) en la suspensión suelo: agua 1:2,5 (p/v). En el extracto de conductividad eléctrica se determinaron los iones solubles sodio y potasio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como podemos observar en la tabla 1, los rendimientos fueron elevados a pesar de que se encuentran afectados por la salinidad creciente. El contenido en C de las partes vegetales de AD (caña y rizoma) estuvieron afectadas de diferente manera, pudiéndose observar una mayor disminución en la concentración de C y N en la parte rizomática como respuesta al estrés hídrico. Por el contrario, en la parte aérea se acumuló más C y N de forma directa a la salinidad. A nivel morfológico (datos no mostrados), la salinidad indujo una mayor altura de las cañas para el tratamiento más salino, aunque la densidad de las cañas por m^2 fue superior para el tratamiento control (92 frente a 68 y 64 para 3 y 5 dS.m^{-1} respectivamente). La materia fresca y seca por caña fue superior en los tratamientos con aguas salinas, aunque solo fue estadísticamente superior para el tratamiento de 5 dS.m^{-1} , indicando una acumulación en sales.

La evolución con el tiempo de los parámetros morfológicos no ha sido lineal como podría esperarse a medida que los rizomas se desarrollan, indicando efectos negativos de la salinización creciente, especialmente llamativo en el descenso del número de cañas entre el 2 y 3º año (102 vs 77). La capacidad de fijación de CO_2 atmosférico de este cultivo también ha sido evaluada, obteniendo unos valores muy significativos (3,9c; 3,1a y 3,5b $\text{kg CO}_2.\text{m}^{-2}$ para parte aérea y 28,5b; 13,7b y 11,3b $\text{kg CO}_2.\text{m}^{-2}$ para rizoma acumulado en los 3 años de ensayo). La absorción por parte del cultivo de N y por tanto sus demandas nitrogenadas fueron bajas (13-19 g N.m^{-2} para parte aérea y 120-240 para rizoma acumulado en los 3 años de cultivo). A nivel de suelo, se ha realizado un balance de sales considerando que contamos con un sistema cerrado. En este sentido, las sales incorporadas mediante el riego, mayoritariamente Na^+ y Cl^- , se encontraban en la capa

edáfica en porcentajes que oscilaban entre 20-35% para cloruros, 15 y 54% para sodio frente al total salino incorporado al sistema vía riego. Se observó una menor acumulación porcentual para el tratamiento más elevado de salinidad (5 dS.m⁻¹), no habiendo diferencias relativas entre el suelo regado con el agua control y el tratamiento de 3 dS.m⁻¹ para Cl. Esto coincide con las medidas de conductividad eléctrica que indican mayor absorción de sales por parte de las plantas en el tratamiento más salino, sin diferencias significativas entre 3 y 5 dS.m⁻¹ para CE. Adicionalmente, se ha observado una absorción significativamente mayor, así como una mayor acumulación salina en la parte rizomática, especialmente en el tratamiento más salino.

CONCLUSIONES

Arundo donax se ha demostrado como un cultivo eficiente en condiciones de elevada salinidad en el agua de riego, adaptándose a dicho estrés mediante la acumulación de sales solubles en tejidos vegetales y especialmente en la parte rizomática. Esta especie también es capaz de fijar C atmosférico en tasas anuales superiores a 13 kg CO₂.m⁻² si consideramos caña y rizoma conjuntamente, pudiendo considerarse un candidato útil en la producción de biomasa en condiciones salinas, siendo necesario un estudio más prolongado en el tiempo para evaluar los efectos a largo plazo sobre el sistema.

Referencias

- Angelini, L.G., Ceccarini, L. and Bonari, E. 2005. Biomass yield and energy balance of giant reed (*Arundo donax* L.) cropped in central Italy as related to different management practices. *European J. Agronomy*, 22, 375–389.
- APHA (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th edn, American Public Health Association, Washington DC, USA.
- Triana, F. Nassi o Di Nasso, N. Ragaglini, G. Roncucci, N. and Bonari. 2014. Evapotranspiration, crop coefficient and water use efficiency of giant reed (*Arundo donax* L.) and miscanthus (*Miscanthus× giganteus* Greef et Deu.) in a Mediterranean environment. *GCB Bioenergy*. 7, 811–819.
- Tzanakakis, V.A. Paranychianakis, and Angelakis, A. N. 2009. Nutrient removal and biomass production in land treatment systems receiving domestic effluent. *Ecological Engineering*, 35, 1485–1492.

Tabla 1. Rendimiento productivo y contenido en carbono y nitrógeno en caña y rizoma.

Variable	Caña				Rizoma (acumulado 3 años)			
	Rendimiento (kg.m ⁻²)		% C	% N	Rendimiento (kg.m ⁻²)		% C	% N
	m.f.	m.s.			m.f.	m.s.		
Salinidad								
Control (1,7 dS.m ⁻¹)	4,3b	2,5b	43,2ab	0,73a	40,1	19,5	39,9c	1,25b
3 dS.m ⁻¹	3,4a	2,0a	43,0a	0,68a	32,2	14,8	25,3a	1,09a
5 dS.m ⁻¹	3,5a	2,2a	43,6b	0,87b	24,3	10,8	28,6b	1,11a
<i>F-anova</i>	17***	14***	5,3*	27***	13**	15**	210***	19**
Tiempo								
1° año	1,9a	0,9a	43,3a	0,75b				
2° año	4,7b	3,4c	43,5a	0,84c				
3° año	4,5b	2,3b	43,1a	0,67a				
<i>F-anova</i>	189***	377***	1,9ns	21***				