

EFFECTO DEL RIEGO SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN FORRAJERA DE *Acacia saligna* (Labill.) H. Wendl. EN LA ZONA ÁRIDA DE CHILE

Freddy Mora Poblete¹ Raúl Meneses Rojas²

(Recibido: 2 de outubro de 2002; aceite: 20 de novembro de 2003)

RESUMEN: Se analizó el efecto del riego sobre la altura, diámetro del tallo en la base de la planta, y la producción forrajera de *Acacia saligna* a los 16 meses después de la plantación en la zona árida de Chile. El diseño experimental usado corresponde a bloques completos al azar. Los tratamientos fueron: T1 sin aplicación de agua, y T2, T3 y T4 con aplicaciones de 4, 8 y 16 litros de agua por mes, durante los 16 meses. Se realizó un análisis de varianza para cada variable, y un análisis de regresión para el peso de la biomasa seca en función de la aplicación de agua; adicionalmente, se calculó la eficiencia de uso del agua, medida en términos de materia seca producida por agua aplicada. En todas las variables, el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,01$). La producción de materia seca fue de 35,0; 199,6; 229,6 y 268,3 g/planta para T1, T2, T3 y T4 respectivamente. Según la ecuación de regresión, la máxima producción de materia seca estimada fue de 282,022 g/planta con 12,6 L de agua aplicada. Al incrementar el agua en el suelo, aumenta el crecimiento y la producción de forraje; sin embargo, la eficiencia en el uso del agua en la producción de materia seca disminuye.

Palabras clave: biomasa, diámetro del tallo, altura, adición de agua.

IRRIGATION EFFECT ON *Acacia saligna* (Labill.) H. Wendl. GROWTH AND FORAGE PRODUCTION, IN CHILEAN ARID ZONE

ABSTRACT: *The effects of irrigation on height, basal diameter and forage production of Acacia saligna at the age of 16 months were analyzed. A randomized complete blocks design was used, with four treatments: T1 without water application; and T2, T3 and T4 with applications of 4, 8 and 16 liters of water per month, during 16 months. Analysis of variance for all the parameters and regression analysis was made for forage dry matter in relation to water application; in addition, water use efficiency was calculated measured in function of forage dry matter produced per water volume applied. The analysis of variance showed statistically significant differences between treatment ($P < 0.01$), for all parameters evaluated. Dry matter production was 35.0; 199.6; 229.6 y 268.3 g/plant for T1, T2, T3 and T4, respectively. According to the regression equation, the highest dry matter production was 282.022 g/plant with 12.6 L of water applied. Increasing water availability to Acacia saligna plants increases both growth and forage production; however, the water use efficiency diminishes.*

Key words: biomass, basal diameter, height, irrigation.

¹ Eng° Flor. M. Sc. Instituto Forestal IV Región. Apartado Postal 36 B, La Serena, Chile. fmora@minagri.gob.cl

² Eng° Agr. Ph. D. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Colina San Joaquín s/n°. La Serena, Chile. rmeneses@intihuasi.inia.cl

1 INTRODUCCIÓN

Acacia saligna (ex *cyanophylla*) (Labill.) H. Wendl, es una especie leguminosa siempreverde de origen Australiano, que ha sido plantada en Chile para reforestar áreas degradadas, controlar dunas, y principalmente para alimentación suplementaria del ganado caprino y ovino. Las plantaciones en el país se han concentrado mayoritariamente en las Regiones de Valparaíso y Coquimbo, establecidas bajo diferentes condiciones edafoclimáticas correspondientes al secano costero (Jordán, 1996; Mora et al., 2000).

Acacia saligna es considerado un cultivo potencial para la producción de forraje y leña, creciendo exitosamente en zonas áridas (Sandys-Winsch & Harris, 1992). A pesar de su potencial como un cultivo para ambientes áridos, se tiene escaso conocimiento del mecanismo fisiológico que la hace una especie resistente a la sequía (Nativ et al., 1999).

La caracterización de las cualidades fisiológicas que contribuyen a la resistencia a la sequía de *Acacia saligna*, confirman la adaptación de la especie a los ambientes áridos, pudiendo contribuir como un cultivo beneficioso para la población humana de estas regiones (Nativ et al., 1999). Según los distritos agroclimáticos de la región centro norte de Chile, esta especie se ha desarrollado con precipitaciones medias anuales entre 67,4 y 243,7 mm, con una temperatura mínima media del mes más frío (julio) entre 4,6 a 8,6°C, y una temperatura máxima media del mes más calido (enero) entre 19,9 y 28°C (Mora et al., 2000). *Acacia saligna* es una especie que presenta una gran adaptabilidad a las condiciones climáticas de las zonas áridas y semiáridas, sin embargo se debe priorizar su establecimiento en zonas donde sea posible satisfacer sus requerimientos hídricos y que el agua se encuentre disponible en el suelo en una mayor cantidad y tiempo posible (Perret et al., 2001).

El objetivo de la presente investigación fue analizar las variables de crecimiento en altura total y diámetro de cuello (diámetro del tallo en la base de la planta), y la producción forrajera de *Acacia saligna*, expresado como el peso de la biomasa seca y húmeda, en los primeros estados de crecimiento post-plantación, en función de la adición de agua.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

En mayo de 1999 se estableció un ensayo con *Acacia saligna* en terrenos de la Comunidad Agrícola Higuieritas Unidas, Comuna de Ovalle, Región de Coquimbo, Chile. La plantación fue establecida en un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos, tres bloques y cuatro repeticiones por parcela. Las plantas fueron establecidas a una distancia de 3x3, en casilla, correspondiendo a una densidad de plantación de 1.111 plantas/ha. Una vez establecido el ensayo se dispuso un sistema de riego por goteo, de manera que cada planta disponía de dos goteros de dos litros/hora. Los tratamientos establecidos fueron: T1; tratamiento testigo, sin adición de agua; T2; aplicación de 4 litros de agua por mes; T3; aplicación de 8 litros de agua por mes y T4; aplicación de 16 litros de agua por mes. Las dosis de riego fueron establecidas por el tiempo de riego, así el T2 era regado durante dos horas, T3 era regado por 4 horas y T4 era regado por 8 horas. El riego se realizaba en un solo día, el primer jueves de cada mes.

A los 16 meses después de la plantación, (septiembre del año 2000) las plantas fueron evaluadas en función del crecimiento en altura, diámetro de cuello (en la base de la planta), peso de la biomasa seca y húmeda del material forrajero. Para estas últimas dos variables, se cosechó todo el alimento factible de ser consumido por el animal, con material vegetativo igual o inferior a 5 mm de diámetro, de cada uno de los árboles del

ensayo. El material cosechado fue pesado inmediatamente para obtener el peso de la biomasa húmeda y posteriormente se llevó el material a secado en horno a 105 °C por 20 horas, de acuerdo a lo establecido por la AOAC (1990), para la obtención de la biomasa seca de cada planta. Desde la fecha de plantación hasta diciembre de 1999 se registraron 351 mm de agua caída. Posteriormente en la temporada siguiente (entre enero hasta la cosecha en septiembre) se registraron 131 mm. Ambos antecedentes obtenidos desde la estación meteorológica más próxima a la plantación, en Las Cardas, localizada a unos 15 km al noroeste del lugar del ensayo.

Se realizó un análisis de varianza para las variables aleatorias descritas anteriormente. Para ello se utilizó el procedimiento de modelos lineales generales de Statgraphics Plus ® 3.1 (Statistical Graphics Corporation, 1997), con test de hipótesis para el análisis de varianza de modelos fijos. Con los resultados obtenidos del peso de la biomasa seca se estableció una curva respuesta entre esta variable y la aplicación de agua (tratamientos), ajustada a una ecuación matemática utilizando un análisis de regresión polinomial. Posteriormente, se calculó la derivada de la variable dependiente en función de la variable disponibilidad de agua para calcular la máxima producción de biomasa seca en la ecuación estimada.

El modelo lineal asociado al diseño del ensayo posee la siguiente expresión:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j + T_x R_{ij} + e_{ijk}$$

Donde Y_{ijk} representa el valor observado de la k-ésima planta creciendo en la j-ésima réplica y bajo el i-ésimo tratamiento; μ corresponde al promedio total; T_i representa el efecto del i-ésimo tratamiento (i= 1,2,3,4); R_j representa el efecto de la j-ésima réplica (j=1,2,3); $T_x R_{ij}$ representa el efecto de la

interacción tratamiento réplica; y e_{ijk} representa el efecto residual.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para todos los caracteres cuantitativos evaluados, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P < 0,01$) (Tabla 1). Los resultados del análisis de diferencias mínimas significativas, para un 95% de significancia, evidenciaron diferencias significativas entre el valor promedio del tratamiento 1 (sin agua adicional) y los restantes tratamientos (2, 3 y 4). Estos últimos tratamientos no presentaron diferencias estadísticas entre sí, para el valor promedio de la variable peso de la biomasa húmeda del material forrajero, y los caracteres de crecimiento en altura y diámetro a la altura del cuello (DAC).

A su vez se pudo apreciar que no existe diferencia estadísticamente significativa ($P > 0,01$), entre los tratamientos 2 y 3, no evidenciando un efecto de 4 u 8 L de riego mensual en la producción de biomasa seca.

Si la adición de agua aumenta de 4 a 16 litros (tratamiento 2 y 4), la diferencia en peso de la biomasa seca se hace significativa (95%) incrementándose la producción de forraje en 14,4%, equivalente a 42,99 kg/ha.

La producción de forraje en términos de peso de la biomasa húmeda y seca, se incrementó en 5,6 y 5,7 veces, respectivamente, desde la situación sin aportes hídricos adicionales a la aplicación de agua de 4 litros por mes por planta. Las variables dasométricas crecieron en menor proporción que el peso de la biomasa húmeda y seca. El incremento fue de 2,5 y 1,8 veces, para la altura y el diámetro de cuello respectivamente, indicando un menor efecto de la adición de agua en las variables de crecimiento dasométricas.

Tabla 1. Peso promedio de la biomasa húmeda y seca, altura y diámetro de cuello (DAC) de las plantas según tratamientos.

Table 1. Average weight of humid and dry biomass, height and basal diameter (DAC) according to treatments.

| Tratamiento | Peso de la biomasa en estado | | Crecimiento | |
|------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------|----------------|
| | Húmedo g planta ⁻¹ | Seco g planta ⁻¹ | DAC (mm) | Altura (cm) |
| T1, 0 L de agua | 141,7 a | 35,0 a | 10,6 a | 60,2 a |
| T2, 4 L de agua | 793,3 b | 199,6 b | 18,8 b | 148,4 b |
| T3, 8 L de agua | 854,2 b | 229,6 bc | 21,8 b | 155,3 b |
| T4, 16 L de agua | 920,0 b | 268,3 c | 20,6 b | 135,4 b |
| EE | 73,07 | 20,18 | 1,39 | 20,18 |

Promedios con letras diferentes difieren significativamente, Prueba de Diferencias Mínimas Significativas (P<0,05); EE: Error Estándar.

Tabla 2. Eficiencia de uso de agua en función de la biomasa seca forrajera producida.

Table 2. Water use efficiency according to the production of forage dry biomass.

| | Tratamientos | | |
|---|--------------|--------------|--------------|
| | T2; 4 litros | T3; 8 litros | T4;16 litros |
| ¹ Incremento de Ms (g) | 164,6 | 194,6 | 233,3 |
| ² Eficiencia uso de agua (g/L) | 2,6 | 1,5 | 0,9 |

¹ ganancia en peso seco (diferencia entre T1,0 L de agua, y los demás tratamientos.

² Cuociente entre ganancia en peso seco y total agua aplicada en el período.

Para el ajuste matemático de la tendencia de peso de la biomasa seca se obtuvo una relación de tipo polinomial, con $R^2=0,9675$ y la siguiente ecuación ($P<0,01$), también representada en la Figura 1.

$$PS = 45,4318 + 37,5398 * T - 1,48911 * T^2 \quad (1)$$

Donde: PS es el peso de la biomasa seca estimado (g), y T representa el tratamiento aplicado (L).

De acuerdo a la ecuación estimada en (1), el punto en el cual se obtiene la máxima producción de biomasa seca corresponde a una aplicación de 12,6 L de agua por mes,

entregando una producción estimada de 282,022g/planta, siendo la eficiencia del orden de 0,89 g/L de agua adicionada, inferior a la obtenida cuando son aplicados 4 y 8 L de agua por mes.

La ganancia en peso de la biomasa seca entre los tratamientos con disponibilidad de agua adicional y el tratamiento testigo (sin aporte hídrico adicional) indica un aumento en el peso de la biomasa seca del material forrajero en función de la mayor adición de agua en el suelo (Tabla 2), sin embargo, la eficiencia en el uso del agua, a medida que se incorpora mayor cantidad de agua, disminuye progresivamente, teniendo mayor

eficiencia en peso de la biomasa seca por cada litro de agua aplicado, en el tratamiento de menor aporte hídrico (4 litros por mes) con un valor de 2,6 gramos de biomasa seca de forraje por cada litro de agua adicional aplicada en el suelo. Nativ et al. (1999)

sostienen que la menor disponibilidad de agua en plantas de *Acacia saligna* implica un mejor uso de ella, como efecto de la menor conductividad estomática, lo cual le permitiría sobrevivir en condiciones con limitaciones hídricas.

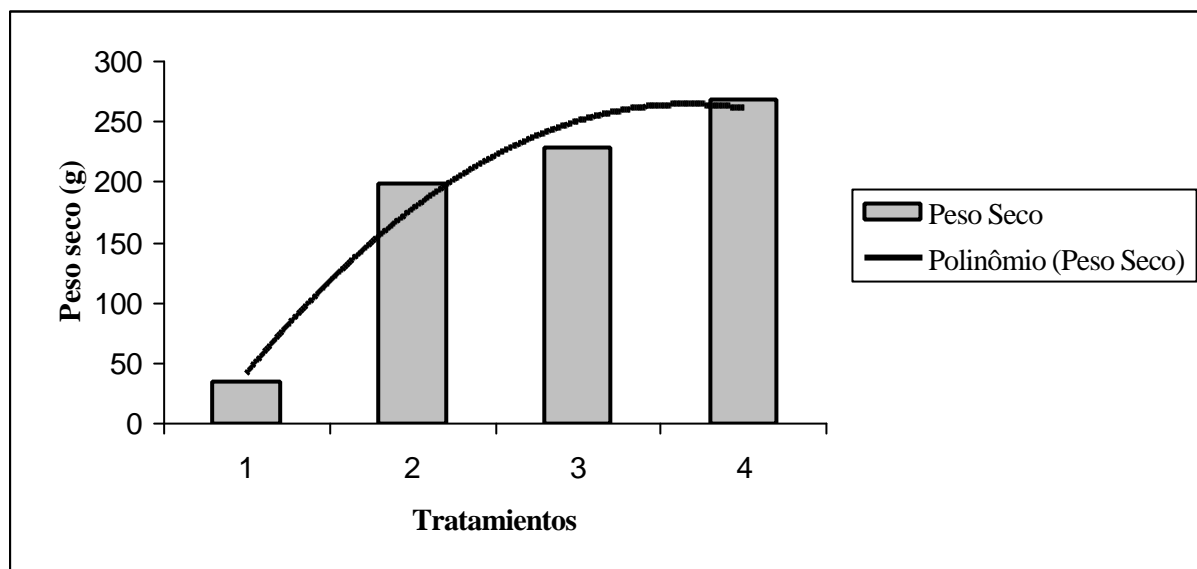


Figura 1. Regresión polinomial entre agua aplicada y materia seca producida.

Figure 1. Polynomial regression between irrigation volume and produced dry matter.

4 CONCLUSIONES

Al incrementar el agua de riego, aumenta el crecimiento de las variables de altura y diámetro de cuello de la planta, y se incrementa la producción de forraje. Sin embargo, la eficiencia en el uso del agua, medida en términos del peso de la biomasa seca del forraje ganado por cada litro de agua adicionado, disminuye. Esto implica que la planta aumenta la eficiencia de uso de agua, cuando dispone de menor agua en el suelo. A la luz de los resultados, *Acacia saligna* representa una alternativa eficiente para la revegetación de las zonas áridas.

5 AGRADECIMIENTOS

Al Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI) de la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO), del Gobierno de Chile, que financió la presente investigación, a través del proyecto: *Acacia saligna*, una opción productiva multipropósito para la IV Región de Chile.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official method of analysis**

of the Association of Official Analytical Chemists. 15. ed. Virginia, 1990. 134 p.

JORDAN, M. Métodos de propagación biotecnológicos y convencionales de leguminosas de usos múltiples. In: FAO. **Técnicas convencionales y biotecnológicas para la propagación de plantas de zonas áridas**. Santiago: FAO/PNUMA, 1996. p.111-150. (Serie: Zonas Aridas y Semiaridas, n. 9).

MORA, F.; PERRET, S.; URQUIETA, E. Determinación de zonas potenciales de crecimiento y caracterización edafoclimática de las principales plantaciones de *Acacia saligna* establecidas en la región de Coquimbo. In: SEMINARIO REGIONAL: avances en la investigación de *Acacia saligna*, como opción productiva para la IV Región. La Serena: INFOR, 2000. p. 11-21.

NATIV, R.; EPHRATH, J.; BERLINER, P.; SARANGA, Y. Drought resistance and water use efficiency in *Acacia saligna*. **Australian Journal of Botany**, Victoria, v. 47, n. 4, p. 577-586, 1999.

PERRET, S.; DELARD, C.; MORA, F.; JARA, R. **Monografía de *Acacia saligna* ((Labill.) H. Wendl). Diversificación de alternativas de producción forestal y agroforestal para pequeños propietarios del secano..** Santiago: INFOR, 2001. 120 p.

SANDYS-WINSCH, D.; HARRIS, P. Agroforestry and Forestry on Cape Verde Island. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 19, n. 1, p. 79-91, 1992.

STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION. **Statgraphics Plus for Windows. Versión 3.1.** Rockville, 1997.