

Distribución de biomasa de *Barleria lupulina* Lindl. en respuesta a tres regímenes de riego.

Biomass distribution of *Barleria lupulina* Lindl. in response to three watering regimes

V. Paz¹, A. Vera² y A. Páez¹

Resumen

Barleria lupulina es una planta con propiedades medicinales potenciales, cuya acumulación de fitomasa, a nivel de sus órganos, ha sido poco investigada. Se determinó la distribución de biomasa de *B. lupulina* Lindl. en respuesta a tres regímenes de riego. Se diseñaron, por triplicado, tres tratamientos de riego: cada 2 (RI), 5 (RII) y 15 (RIII) días. Se realizaron mediciones del contenido relativo de agua (CRA), el potencial hídrico, y determinaciones de área foliar y biomasa seca a los seis meses después de la emergencia de las plántulas. El área foliar disminuyó un 88%, y la biomasa total 60% en estrés más severo (RIII), en concordancia con la disminución en el contenido relativo de agua y el potencial hídrico, pero las inflorescencias y el número de semillas incrementaron. Asimismo, el régimen de riego menos frecuente (RIII) afectó la distribución de asimilados puesto que los valores calculados a través de los índices como: la relación raíz/vástago (R/V), la relación de área foliar (RAF) y el área foliar específica (AFE) disminuyeron con dicho tratamiento. Se concluye que los efectos producidos por la disminución en la disponibilidad de agua comprenden reducción en la biomasa radical, cambios en la distribución de biomasa, variación del área foliar y aumento en las estructuras reproductivas.

Palabras clave: *Barleria lupulina*, biomasa, régimen de riego, déficit hídrico.

Recibido el 14-12-2000 ● Aceptado el 23-10-2001

1 Laboratorio de Ecofisiología Vegetal, Facultad Experimental de Ciencias, La Universidad del Zulia, Apartado 526, Maracaibo 4001-A, Estado Zulia, Venezuela. alismatae@hotmail.com, apaezsalaraz@msn.com

2 Centro de Investigaciones Biológicas, Facultad de Humanidades y Educación, La Universidad del Zulia, Apartado 526, Maracaibo 4001-A, Estado Zulia, Venezuela. Telf: (0261) 7597423, Telefax: (061) 597422, e-mail: ajvera68@latinmail.com.

Abstract

Barleria lupulina is a vascular plant with potential medicinal properties, which phytomass accumulation at the organ's level, has been poor investigated. Biomass distribution of *Barleria lupulina* Lindl. in response to three watering regimes was determined. Three treatment, in triplicate, of watering were designed: every 2 (RI), 5 (RII) and 15 (RIII) days. The relative water content (RWC), leaf water potentials, leaf area and dry biomass were measured six months later the emergency of the seedlings. Leaf area decreased 88% and total biomass 60%, with the more severe water stress (RIII), and corresponding with a decrease in RWC and water potential, but inflorescens and seeds were greatest. The less frequent watering regimes (RIII) affected assimilate distribution because the value calculations in: root/shoot (R/S), leaf area ratio (LAR) and specific leaf area (SLA) decreased. We concluded that the effects produced by the reduction in water availability include a decrease in root biomass, changes in biomass distribution, variation in leaf area and increases in reproductive structures.

Key words: *Barleria lupulina*, biomass, watering rejimes, water stress.

Introducción

Barleria lupulina Lindl. (Acanthaceae), planta arbustiva vascular de ciclo perenne, originaria de Islas Mauricio, e introducida a Venezuela (estados Bolívar y Zulia) desde África, crece a nivel del estrato herbáceo de los bosques secos tropicales, bajo temperaturas de 28° a 30 °C, con precipitaciones de 800 a 900 mm anuales y climas con una estación lluviosa seguida de una estación seca (1, 4).

B. lupulina Lindl, ("lengua de culebra"), ha sido utilizada por las culturas indígenas, debido a sus propiedades analgésicas, antiflogísticas y antipiréticas, comprobadas a partir del extracto etanólico de las hojas (11). Se ha investigado la respuesta de esta especie a diferentes condiciones de luminosidad (10), al igual que la determinación de la actividad antiletal del extracto foliar en ratones

inoculados con veneno de serpientes del genero *Crotalus* (16). Esta planta crece en los sotobosques y ecotonos sabana-bosque bajo sombra parcial o cerca de claros, aunque ornamentalmente se desarrolla en áreas con radiación solar directa, y buen suministro de agua.

A pesar de que esta especie podría poseer mecanismos y adaptaciones ante el estrés que le permiten sobrevivir a las estaciones secas del sudeste asiático, África y Venezuela, también es posible que esta planta sea resistente a condiciones de estrés por adaptación, es el caso del desarrollo de mayor número de estípulas espinosas y menor número de hojas. Se considera que la sequía es un evento ambiental y meteorológico, y se define como la ausencia de lluvia durante un tiempo suficientemente largo como para causar carencia de humedad en el suelo y daño en las plantas; y si dicha

sequía es un estrés ambiental de suficiente duración, produce un déficit de agua en las plantas, que a su vez afecta los procesos fisiológicos (8). Sin embargo, el comportamiento de *Barleria* ante condiciones de déficit hídrico no ha recibido suficiente atención, por lo que la información

sobre las respuestas de esta especie a las condiciones de limitación del agua es escasa en la literatura. Por ello, el objetivo de esta investigación es determinar la distribución de biomasa de *B. lupulina* Lindl. en respuesta a tres regímenes de riego.

Materiales y métodos

Area de Experimentación

El trabajo se realizó en un área ubicada en las adyacencias del Bloque A-1 de la Facultad Experimental de Ciencias de la Universidad del Zulia, en exposición directa al sol, bajo riego, y de acuerdo a las condiciones climáticas de la Planicie de Maracaibo, estado Zulia (precipitaciones promedio de 540,3 mm/año y temperatura media anual de 28 °C) (4).

Material Vegetal y Suelo Utilizado

Se utilizó un pool de semillas de *B. lupulina* obtenidas de plantas cultivadas en el Jardín de Ensayos de Campo de la Facultad Experimental de Ciencias. Las semillas se sembraron en bolsas de poliestireno de 30 kg. Se empleó suelo (capa vegetal) de la localidad de El Laberinto, municipio Jesús Enrique Losada, estado Zulia, tipo arcillo-arenoso (sandy-claypaleustalfs), similar al requerido por la planta, y se tamizó con una malla comercial con un poro de 0,5 cm² de diámetro. Las características del suelo son las siguientes: un pH de 6,2 a 6,4; 5 g/kg de P, 40 a 100 g/kg de K y 1,32 a 1,36 de materia orgánica para los substratos de 20 a 40 cm y de 0 a 20 cm respectivamente (9). Al obtener las plantas, se aplicaron seis raleos (dos por

semana), dejando una planta/bolsa; se seleccionaron individuos de igual altura y apariencia sana para el desarrollo de la investigación.

Tratamientos y Regímenes de Riego

Se emplearon tres tratamientos: el RI, consistió en la aplicación de un régimen de riego interdiario a las plantas (control o régimen regular); a los individuos del RII se les regó cada 5 días (régimen de estrés suave), y el RIII estuvo representado por un suministro de agua cada 15 días (régimen de estrés severo). La cantidad de agua y la duración de cada riego fue constante durante el experimento (15 litros de agua en 5 minutos por evento de riego/planta). El volumen de agua se aplicó con una regadera desde una altura de 25 cm aproximadamente, desde el ápice de las plantas, regándose tanto las hojas, los tallos como el sustrato con las raíces. Los tratamientos se mantuvieron constantes durante los seis meses de duración del experimento. Se utilizaron tres plantas/tratamiento, y se empleó un diseño experimental de bloques al azar.

Cosecha

Se cosecharon tres plantas/tratamiento a los 6 meses después de

la emergencia de las plántulas; los individuos seleccionados poseían inflorescencias y semillas (estructuras reproductoras). Los diferentes órganos se separaron y se colocaron en bolsas de papel rotuladas para su traslado al laboratorio. Se determinó el área foliar de las hojas fotosintéticamente activas, empleando un medidor marca LICOR modelo 3100. Posteriormente, tanto las hojas como los demás órganos se colocaron en una estufa marca MEMMERT por 72 horas a 60 °C. Para la determinación de la biomasa seca (hojas, ramas, tallos, estructuras reproductoras y raíces) y se pesaron en una balanza digital marca OHAUS modelo CT 10.

Análisis de crecimiento

Los datos obtenidos se utilizaron para calcular las variables morfogénicas: peso seco del tallo (PST), peso seco de la raíz (PSR), peso seco de las estructuras reproductoras, inflorescencias y semillas, (PER) y los índices de la relación raíz/vástago (R/V), área foliar específica (AFE), peso foliar específico (PFE), relación peso foliar (RPF= g hojas/peso seco total) y relación área foliar (RAF= área foliar dm^2 /peso seco total). Para realizar los cálculos de los parámetros de crecimiento se relacionan entre sí: la relación raíz/vástago ($R/V = \text{biomasa seca radical/biomasa seca del vástago}$),

peso foliar específico (PFE= g de biomasa foliar/área foliar dm^2), y área foliar específica (AFE= área foliar dm^2 /g de biomasa foliar).

Potencial hídrico y contenido relativo de agua

Se empleó una bomba de Scholander marca Soil Moisture, para la determinación del potencial hídrico de las plantas. Se utilizaron 4 hojas frescas/planta/tratamiento, de la misma edad, tamaño similar, sin signos de herbivoría, y con menos de 5 minutos de cortadas. El contenido relativo de agua (CRA), se determinó de acuerdo con el método de Barrs y Weatherley (2). Para ello, se tomaron diez discos de 1 cm de diámetro de la quinta hoja (del quinto par a partir del ápice). Luego de pesar los discos, se colocaron en agua destilada durante 4 horas a 25 °C bajo luz fluorescente. Posteriormente, los discos se secaron y se pesaron antes de colocarlos en una estufa a 80 °C durante 15 horas. El contenido relativo de agua se calculó mediante la relación:

Contenido Relativo de Agua = peso fresco - peso seco/peso saturación - peso seco x 100

Los datos se sometieron a un análisis de varianza, a fin de detectar diferencias significativas entre los tratamientos.

Resultados y discusión

Area foliar

Las plantas del tratamiento RIII mostraron una disminución notoria del área foliar encontrándose diferencias significativas ($P < 0,05$) al compararla

con las correspondientes a los tratamientos RI y RII, (figura 1). Estos hallazgos coinciden con los encontrados en *Panicum maximum* bajo condiciones de déficit hídrico (5).

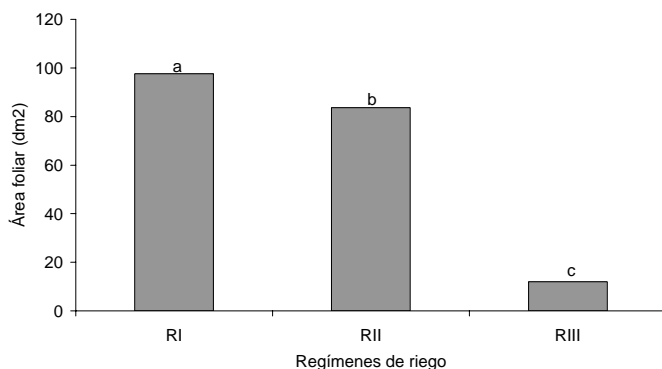


Figura 1. Área foliar de *Barleria lupulina* sometida a tres regímenes de riego. Las letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

También se ha reportado una disminución en el crecimiento de las hojas y en el metabolismo del carbono y del nitrógeno en plantas de girasol sometidas a riego limitado (3).

Biomasa seca

El peso seco del tallo (PST) presentó una disminución progresiva y directamente proporcional a medida

que el tratamiento fue más riguroso, encontrándose diferencias significativas ($P < 0,05$) (figura 2); esto ocurrió debido a una posible disminución en el proceso de alargamiento celular a causa del déficit hídrico, como era de esperarse. En los individuos de *B. lupulina*, utilizados en esta investigación, se observó una

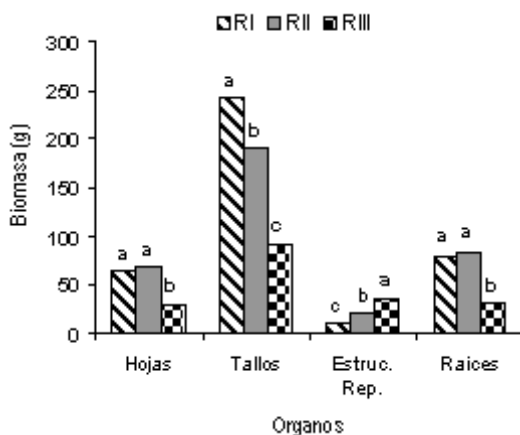


Figura 2. Biomasa seca de hojas, tallos, estructuras reproductoras y raíces de *Barleria lupulina* sometida a tres regímenes de riego. Las letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

disminución de la altura y porte de las plantas, acortamiento de la distancia internodal, desarrollo de espinas, presencia de vástagos achaparrados; todas éstas son características típicas en respuesta al déficit hídrico. Se ha reportado que las plantas que poseen resistencia al estrés hídrico desarrollan procesos adaptativos bajo condiciones restrictivas, tales como: disminución severa del área foliar, ajuste de la abertura estomática, disminución en el crecimiento del vástago (6, 7), desarrollo de un sistema radical profundo, disminución de la elongación tisular, inclinación angular de las hojas fisiológicamente activas de forma paralela a la radiación solar, y desprendimiento sólo de las hojas senescentes por aumentos en la concentración del ácido absísico.

El peso seco de la raíz (PSR) mostró los valores mayores en los tratamientos RI y RII, aunque no se evidenciaron diferencias significativas entre ambos; sin embargo entre éstos y el tratamiento RIII se encontraron datos estadísticamente distintos ($P < 0,05$). Los hallazgos descritos muestran que la planta dirige sus fotoasimilados al crecimiento de la porción aérea, tal como se ha descrito para el trigo (13).

Se ha demostrado que en los culmos de *P. maximum*, se acumulan sustancias útiles al momento de presentarse condiciones ambientales que propicien los rebrotes (9). Es posible que en *B. lupulina* pueda ocurrir un proceso de reserva análogo a nivel radical, que permita soportar periodos estacionales largos de estrés, en los cuales la función metabólica se limita por el déficit hídrico; y por consiguiente

será a partir de este órgano de donde la planta tome los recursos para producción de estructuras reproductoras.

El peso seco de las estructuras reproductoras (PSER) presentó un mayor valor cuantitativo a nivel del tratamiento RIII en comparación a los correspondientes a RII y RI, exhibiendo diferencias significativas ($P < 0,05$). Las investigaciones han revelado que el efecto del estrés hídrico sobre las plantas depende de la fase de crecimiento en la cual se presente (5, 6). Es posible que *B. lupulina* emplee sus reservas energéticas en la producción de nuevos brotes, estimulando así la floración y la fructificación, como mecanismo de supervivencia de la especie por el estado decadente de los individuos.

Índices de distribución de asimilados

El estrés hídrico afectó la distribución de asimilados en *B. lupulina*. La relación área foliar (RAF) y el área foliar específica (AFE), disminuyeron en las plantas bajo estrés hídrico severo (RIII) ($P < 0,05$), en comparación con los otros tratamientos, mientras que la relación peso foliar (RPF) no fue afectada (cuadro 1). Los resultados obtenidos en la relación peso foliar (RPF) señalan que la planta mantiene la proporción de biomasa que emplea en la producción de la superficie de asimilación.

El peso foliar específico (PFE) resulta del cociente entre biomasa de las hojas y el área foliar, mientras que el AFE depende de la superficie foliar, siendo esta última el inverso del peso foliar específico ($1/PFE$) (12). En

Cuadro 1. Índices de distribución de asimilados de *Barleria lupulina* sometida a tres régimenens de riego. Las letras diferentes indican diferencias significativas (P<0,05)

Régimen de riego	RAF dm ² /g	RPF g/g	AFE dm ² /g	PFE g/dm ²	R/V g/g
RI	0,245 ^a	0,16 ^a	1,50 ^a	0,222 ^c	0,25 ^a
RII	0,230 ^b	0,18 ^a	1,21 ^b	0,80 ^b	0,30 ^a
RIII	0,075 ^c	0,19 ^a	0,40 ^c	2,50 ^a	0,20 ^b

Las letras distintas indican diferencias significativas (P<0,05)

condiciones de déficit hídrico, la expansión foliar es particularmente afectada, como consecuencia de la reducción del turgor celular y por ende de la superficie foliar (15). El estrés hídrico reduce el crecimiento, y este efecto se debe en parte a la disminución del tamaño relativo de las hojas fotosintetizadoras. Esto se ha observado en la relación área foliar (RAF) de *P. maximum* (9), donde se encontró que el estrés hídrico crea disminución de esta variable, e incrementa el PFE, la RPF y la R/V. Se ha reportado que la sensibilidad de la relación área foliar al estrés varía de acuerdo a la especie, el estado de crecimiento y la duración del estrés como ocurre en el pasto guinea (9).

La relación raíz/vástago (R/V) presentó una disminución significativa (P<0,05) en el tratamiento RIII, en comparación a RI y RII, (cuadro 1). Se determinó que la biomasa radical es inferior a la correspondiente al vástago, hallazgo que se encontró de forma más notoria en RIII (figura 2). Esto podría indicar que la producción de asimilados, y por ende el crecimiento de la planta, se determina en gran parte por la supervivencia del vástago.

Dichas respuestas fisiológicas, bajo condiciones de sequía extrema, se han reportado en plantas de trigo, soja y girasol (13,14).

Potencial hídrico y contenido relativo de agua

El potencial hídrico mostró un descenso progresivo a medida que el tratamiento de estrés era más severo, evidenciándose diferencias significativas (P<0,05) entre el tratamiento RI en comparación con los correspondientes a RII y RIII, (cuadro 2). Sin embargo, ésto no es suficiente para inferir que la actividad fisiológica de la planta esté afectada. Hay evidencias que son el turgor y el componente osmótico de éste, los que varían la fisiología de la planta (15), por lo cual es posible que *B. lupulina* presente cambios en el turgor celular, mas no ajuste osmótico.

El contenido relativo de agua (CRA) no es una medición satisfactoria del estrés hídrico, sin embargo puede indicar una idea del estado hídrico de la planta. Las plantas sometidas a los tratamientos RI y RII mostraron un contenido relativo de agua de 55,4 % y 44,7 % respectivamente, mientras que el tratamiento RIII presentó un valor

Cuadro 2. Contenido relativo de agua (CRA) y potencial hídrico de *Barleria lupulina* sometida a tres regímenes de riego. Las letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Régimen de riego	CRA %	Potencial hídrico (barias)
RI	55,4 % ^a	-9,8 ^b
RII	44,7 % ^a	-24,2 ^a
RIII	26,8 % ^b	-33,5 ^a

Las letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

inferior, en comparación con los anteriores, de 26,8 %, revelándose así diferencias significativas ($P < 0,05$).

Conclusiones

Se concluye que el estrés hídrico afecta la distribución de biomasa ya que la RAF, AFE y R/V disminuyeron y, además, las plantas sometidas a

estrés severo produjeron mayor número de inflorescencias, frutos y semillas.

Recomendaciones

Se recomienda continuar los estudios sobre *B. lupulina* para determinar su respuesta específica a

periodos prolongados de sequía, mayores a los utilizados en este estudio.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de

La Universidad del Zulia por brindar el apoyo financiero para la realización de esta investigación.

Literatura citada

1. Badillo, B. M., L. Schnee y C. B. Rojas. 1985. Clave de las plantas superiores de Venezuela. 7ma edición. Espasande, SRL. Editores. Caracas. Venezuela, 185 pp.
2. Barrs, H. D. y P. E. Weatherley. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Aust. J. Biol. Sci. 15: 413-428.
3. Cellier, F., G. Conejero, J. C. Breitler y F. Casse. 1998. Molecular and physiological responses to water deficit in drought-tolerant and drought-sensitive lines of sunflower. Plant Physiol. 116: 319-328.

4. Ewel, J. y A. Madriz. 1968. Zonas de Vida de Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría, Ediciones del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Caracas. Editorial Sucre, Caracas, 264 pp.
5. González, M. E. y A. Páez. 1995. Efecto del déficit hídrico aplicado durante diferentes etapas del desarrollo de *Panicum máximum* Jacq. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 12: 79-93.
6. Hsiao, T. C. 1973. Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant. Physiol. 24: 519-570.
7. Hsiao, T. C. y E. Acevedo. 1974. . Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. Agric. Meteor. 14: 59-84.
8. Kramer, P. J. 1980. Drought, stress and the origin of adaptations. p.7-18. In: Adaptations of plants to water and high temperature stress. John Wiley & Sons, Inc.
9. Páez, A., M. E. González D., X. Yrausquín, A. Salazar y A. Casanova. 1995. Water stress and clipping management effects on guineagrass: I Growth and biomass allocation. Agron. J. 87: 698-706.
10. Páez, A., M. E. González, J.A. Urdaneta, D. Paredes, D. Tissue y T. Tschaplinski. 1998. Indices de crecimiento y formación de compuestos orgánicos en *Barleria lupulina* sometida a dos condiciones de luminosidad. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 15: 515-525.
11. Paredes, D. 1997. Determinación de la actividad analgésica, antiinflamatoria antipirética, del extracto etanólico de *Barleria lupulina*. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. La Universidad del Zulia, 202 pp.
12. Patterson, D. y E. Fint. 1983. Comparative relations, photosynthesis and growth of soybean (*Glycine max*) and seven associated weeds. Weed Sci. 31: 318-323.
13. Sionit, N., I. Teare. y P. Kramer. 1980. Effects of repeated applications of water stress on water status and growth of wheat. Plant Physiol. 50: 11-15.
14. Sionit, N. y P. Kramer. 1976. Water potencial and stomatal resistance of sunflower and soybean subjected to water stress during various growth stages. Plant. Physiol. 58: 537-540.
15. Subbarayan, G., N. Sthanusubramania, V. R. Pathai, O. Toru y S. Shoji. 1984. Chemical examination of the roots of *Barleria buxifolia* Linn. structure of Barleriaquinone. Chem. Pharm. Bull. 10: 4137-4139.
16. Urdaneta J. A. y A. Páez. 2000. Determinación de la actividad antiletal in vivo del extracto acuoso de *Barleria lupulina* Lindl. (Acanthaceae) sobre el veneno de *Crotalus durissus cumanensis*. Rev. Fac. Vet. (LUZ) 10: 233-239.