

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA ESPINA DE MAR (*Hippophae rhamnoides* L.) BAJO LÁMINAS DE RIEGO E INCORPORACIÓN DE HIDROGEL EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA

Agronomic behavior of the sea spine (*Hippophae rhamnoides* L.) under irrigation sheets and incorporation of hydrogel at Choquenaira Experimental Station

Ximena Luz Aruquipa Mamani¹; Paulino Ruiz Huanca²; Olga Ticona Guanto³

RESUMEN

En todo el mundo, la principal fuente alimenticia para los herbívoros es el forraje como la espina de mar, en ese sentido, la investigación tuvo el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de la espina de mar con la aplicación de tres láminas de riego por goteo e incorporación de hidrogel en predios de la Estación Experimental Choquenaira. Los tratamientos fueron 20%, 40% y 60% de láminas de riego y 5 g de hidrogel por planta, que fueron dispuestos bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, las variables de estudio fueron el porcentaje de prendimiento, altura de planta, número de ramas primarias, número de ramas secundarias, diámetro del tallo y número de hojas, la evaluación fue a los 30 días después de la primera aplicación de riego a seis plantas que fueron identificadas del muestreo al azar por cada tratamiento, así también se determinó el rendimiento de materia seca. Los resultados muestran mayor porcentaje de prendimiento, mayor altura de planta, mayor número de ramas secundarias, mayor número de hojas y mayor rendimiento en materia seca en comparación con otras investigaciones realizadas en la región. El tratamiento 3 fue mejor respecto a los demás tratamientos con la aplicación de 60% de lámina de riego durante el desarrollo del cultivo, por otro lado el tratamiento 2, que tiene 40% de lámina de riego presentó mayor número de ramas primarias frente a los demás tratamientos, en tal sentido se concluye que a mayor número de ramas secundarias mayor número de hojas y mayor producción de forraje para el consumo del ganado. Asimismo, con la aplicación del 60% de lámina de riego produce mayor rendimiento por hectárea, obteniendo 2455.34 kg ha⁻¹.

Palabras clave: *Hippophae rhamnoides* L., hidrogel, comportamiento agronómico, rendimiento de materia seca.

ABSTRACT

Throughout the world, the main food source for herbivores is forage such as the sea spine, in this sense; the research had the objective of evaluating the agronomic behavior of the sea spine with the application of three sheets of drip irrigation and hydrogel incorporation at Choquenaira Experimental Station. The treatments were 20%, 40% and 60% of irrigation sheets and 5 g of hydrogel per plant, which were arranged under a randomized complete block design with four repetitions, the variables of the study were the percentage of capture, height of plant, number of primary branches, number of secondary branches, diameter of the stem and number of leaves, the evaluation was at 30 days after the first application of irrigation to six plants that were identified from random sampling for each treatment, as well the yield of dry matter was determined. The results show a higher percentage of yield, higher plant height, greater number of secondary branches, greater number of leaves and higher yield in dry matter compared to other investigations carried out in the region. Treatment 3 was better compared to the other treatments with the application of 60% re-irrigated foil during the development of the crop, on the other hand treatment 2, which has 40% of irrigation foil presented a greater number of primary branches compared to other treatments, in this sense it is concluded that the greater the number of secondary branches, the greater the number of leaves and the greater the production of forage for livestock consumption. Also, with the application of 60% of irrigation sheet produces higher yield per hectare, obtaining 2455.34 kg ha⁻¹.

Keywords: *Hippophae rhamnoides* L., hydrogel, agronomic behavior, dry matter yield.

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. luztuyo@hotmail.com

² Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

³ Consultora, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, la principal fuente alimenticia para los herbívoros es el forraje, en los países que tienen cuatro estaciones, con procesos de ensilaje y henuficación se reserva el alimento para proveerlo cuando no hay pasto fresco (FAO, 1989).

La espina de mar (*Hippophae rhamnoides* L.) es una opción como fuente de forraje en zonas áridas y semiáridas. Rongsen (1992) considera que la región montañosa del Himalaya es el probable centro de origen del género *Hippophae* L., la espina de mar es la planta típica del continente Euroasiático, distribuida en la región.

Mediante un convenio con el Gobierno de Bolivia, entre 1997 y 2001, se decidió realizar el trasplante de plantines de espina de mar. En Santiago de Callapa, provincia Larecaja del departamento de La Paz, la espina de mar es una planta que contribuye a la recuperación de los suelos erosionados y puede sobrevivir en condiciones severas de la naturaleza, como las que presenta el Altiplano boliviano, ya que puede desarrollarse hasta los 5200 m s.n.m., resistir temperaturas desde los 43°C bajo cero hasta 40°C, prosperar en suelos con un promedio de pH de 5.5 a 8.3 y una precipitación entre los 400 a 600 mm por año (Márquez, 2013).

Hasta finales del 2004 se comprobó que solo el 50% de los plantines se desarrollaron adecuadamente, alcanzando una altura promedio de 20 cm, el resto murió debido al manejo inadecuado de la espina de mar, tres años más tarde, se observó que estos plantines ya eran arbustos muy prósperos, con una altura comprendida entre 1.20 y 1.80 m con bastante fruto y follaje (Márquez, 2013).

Canaviri (2008) indica que se establecieron las plantaciones de espina de mar en el cantón San José de Llanga perteneciente al municipio de Umala de la provincia Aroma y el municipio de Santiago de Callapa de la provincia Pacajes.

El hidrogel es un complemento para los suelos con niveles de drenaje naturales altos y pobres nutrientes, asimismo, tiene alta capacidad de retener humedad del suelo por lo que puede ser aprovechado para el uso

mas eficiente en el sector agrícola, se demostró que a mayor cantidad de hidrogel en el suelo, se incrementa la eficiencia de retención del agua en un suelo arenoso (Idrobo, 2010).

El objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de la espina de mar con la aplicación de tres láminas de riego por goteo e incorporación de hidrogel en predios de la Estación Experimental Choquenaira.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación se realizó en la Estación Experimental Choquenaira, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, situada en el municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz.

La Estación está ubicada a ocho kilómetros de la población de Viacha, se encuentra a una altitud de 3870 m s.n.m., geográficamente se halla 16° 41' 39.25" de latitud sur y 68° 17' 14.31" de longitud oeste (Mamani y Céspedes, 2012).

Metodología

La densidad de trasplante de la espina de mar fue de 1 x 1m entre surcos y plantas, cuya fase fenológica se encontraba en estado de dormancia.

El desarrollo de las labores culturales como el deshierbe y remoción de suelo tuvo el fin de romper la dormancia de la planta, estas labores se efectuaron en todos los tratamientos con excepción al tratamiento con incorporación de hidrogel con la relación 5:1 (5 g de hidrogel en 1 L de agua por planta).

La aplicación del agua fue a través del método de riego por goteo, el volumen de agua aplicado en la parcela fue de 2562 L por semana, cada tratamiento tuvo diferentes láminas de riego, a excepción del último tratamiento al que se aplicó hidrogel (Tabla 1).

En todos los tratamientos se incorporó biol bovino al 25% de concentración con una frecuencia de una vez por semana.

Tabla 1. Dosis de láminas de riego aplicado.

Tratamientos	Lámina de riego e hidrogel	Tiempo de riego (h)	Volumen de riego (L)
T-1	20% de lámina de riego	1.00	488
T-2	40% de lámina de riego	1.50	732
T-3	60% de lámina de riego	2.00	976
T-4	5 g de hidrogel por planta	0.75	366
Total			2562

Se empleó el diseño de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones, los resultados fueron analizados con el programa Infostat, de acuerdo a la Ecuación 1 propuesta por Padrón (1996). La superficie total de la parcela fue de 256 m².

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Dónde: Y_{ij} = una observación cualquiera; μ = media común; β_j = efecto del i -ésimo tratamiento; α_i = efecto del j -ésimo bloque; ε_{ij} = error experimental.

Las variables agronómicas evaluadas fueron: porcentaje de prendimiento, altura de planta, número de ramas primarias, número de ramas secundarias, diámetro del tallo y número de hojas, la evaluación fue a los 30 días después de la primera aplicación de riego a seis plantas que fueron identificadas del muestreo al azar por cada tratamiento.

El rendimiento en materia seca se determinó del muestreo en 3 m lineales, mediante su peso en verde para su secado en una mufla a una temperatura de 65°C por 24 h. La Ecuación 2 fue utilizada para determinar la materia seca (Torrez, 2010).

$$MSF = \frac{PFT \cdot PSSM \cdot 10000 \text{ m}^2}{PFSM \cdot A} \quad (2)$$

Dónde: MS = materia seca; PFT = peso fresco total (kg); PSSM = peso seco de sub muestra (kg); PFSM = peso fresco de sub muestra (kg); A = área (m²).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prendimiento

El T-3 alcanzó el 100% de prendimiento, los demás tratamientos tuvieron 96.87% de prendimiento.

Altura de la planta

El análisis de varianza muestra que hubo diferencias significativas entre bloques, con diferencias no significativas entre láminas de riego. El promedio de altura fue 54.64 cm para el T-3, 53.31 para el T-4, 50.94 cm para el T-1 y 47.54 para el T-2.

Tabla 2. Análisis de varianza para la altura de la planta.

	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Bloque	3	200.14	66.71	4.72	0.0304	*	
Lámina de riego	3	100.97	33.66	2.38	0.1373	ns	
Error	9	127.26	14.14				
Total	15	428.37					

CV = coeficiente de variación = 7.36%; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; Fc = F calculado; Pr>F = probabilidad; Sig. = significancia; ns = no significativo; * = significativo.

Poblete (2007) indica que en Caquiaviri, la prueba de semilla sin tratamiento pre germinativo y sustrato de humus más tierra del lugar obtuvo la mayor altura promedio de plántulas con 14.54 cm, la altura más baja fue para la prueba de semilla con tratamiento pre germinativo y sustrato de tierra del lugar que tuvo un promedio de 11.91 cm de altura de planta.

Número de ramas primarias

El análisis estadístico determina que existieron diferencias significativas entre láminas de riego y diferencias no significativas entre bloques (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de varianza del número de ramas primarias.

	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Bloque	3	21.75	7.25	0.75	0.5494	ns	
Lámina de riego	3	157.63	52.54	5.44	0.0208	*	
Error	9	87.00	9.67				
Total	15	266.38					

CV = 15.34%

Mediante la prueba de medias de Duncan se establece que el mayor número de ramas fue para el T-2 con 24.25 ramas, el menor número de ramas primarias fue para el T4 con 16.90 ramas (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de medias de Duncan para el número de ramas primarias.

Tratamiento	Media	Grupos
T-2	24.25	A
T-3	22.40	A B
T-1	17.50	B C
T-4	16.90	C

Según Clavijo (2017) en su estudio realizado en la Estación Experimental Choquenaira, indica que el número de ramas primarias para la espina de mar con la aplicación del 75% de biol bovino fue de 13.65 ramas, mientras que con 0% de biol bovino fue 9.67 ramas.

Número de ramas secundarias

El análisis de varianza (Tabla 5) muestra diferencias altamente significativas entre láminas de riego y no así entre bloques.

Tabla 5. Análisis de varianza del número de ramas secundarias.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Bloque	3	306.69	102.23	0.35	0.7885	ns
Lámina de riego	3	9288.69	3096.23	10.68	0.0025	**
Error	9	2609.56	289.95			
Total	15	12204.94				

CV = 19.8%; ** = altamente significativo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el T-3 tuvo mayor número de ramas secundarias de 124.75, el menor número de ramas secundarias fue para el T-2 con 62.25 (Tabla 6).

Tabla 6. Comparación de medias de Duncan para el número de ramas secundarias.

Tratamiento	Media	Grupos
T-3	124.75	A
T-1	86.75	B
T-4	70.00	B
T-2	62.25	B

Clavijo (2017) afirma que se tienen mejores resultados con la aplicación del 75% de biol bovino, teniéndose 13.65 ramas secundarias, el menor número de ramas secundarias fue para el tratamiento sin la aplicación de biol bovino con 4.70 ramas.

Diámetro de tallo

El análisis de varianza no muestra diferencias significativas entre bloques y láminas de riego (Tabla 7). Sin embargo, los tratamientos 1, 2, 3 y 4 presentaron resultados de 13.92, 13.61, 13.88 y 13.84 mm de diámetro del tallo respectivamente.

Tabla 7. Análisis de varianza para el diámetro de tallo.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Bloque	3	0.85	0.28	0.52	0.6786	ns
Lámina de riego	3	0.23	0.08	0.14	0.9334	ns
Error	9	4.88	0.54			
Total	15	5.96				

CV = 5.33%

Poblete (2007) indica que en ambiente controlado, con tratamiento pre germinativo de las semillas en humus con tierra del lugar, se tiene mayor diámetro de tallo con 4.67 cm, a comparación del tratamiento de las semillas sin tratamiento pre germinativo, en tierra del lugar que reportó 3.33 cm.

Alemán (2002) afirma que en su investigación realizada en el departamento de Potosí, con la aplicación de 50% arena y 50% de tierra se tiene 0.23 cm de diámetro del tallo; con 50% de tierra y 50% de estiércol se muestra 0.22 cm de diámetro, la diferencia mínima se debe a que las estacas basales al ser más próximos al tallo principal tiene mayores condiciones de adaptabilidad en el desarrollo fisiológico de la planta presentado mayor altura, mayor cantidad de hojas y ramas, por tanto mayor diámetro del tallo en el crecimiento.

Número de hojas

El análisis estadístico determinó que hubo diferencias altamente significativas entre láminas de riego y diferencias no significativas entre bloques (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza para el número de hojas.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Bloque	3	55856.19	18618.73	0.26	0.8522	ns
Lámina de riego	3	11809433.19	3936477.73	55.06	<0.0001	ns
Error	9	643427.56	71491.95			
Total	15	12508716.94				

CV = 12.25%

Los resultados más altos, en número de hojas se obtuvieron para el T-3 con 3440.75 hojas, en comparación del T-2 que tuvo 1228.50 hojas (Tabla 9).

Tabla 9. Comparación de medias de Duncan para el número de hojas.

Tratamiento	Media	Grupos
T-3	3440.75	A
T-1	2483.50	B
T-4	1575.50	C
T-2	1228.50	C

Clavijo (2017) encontró 1077.5 hojas por planta con la aplicación de 75% de biol bovino, 784.5 hojas con 50% de biol bovino y el valor mínimo de 547.2 hojas sin la aplicación del biol.

Rendimiento de materia seca

El análisis estadístico determinó que se tuvieron diferencias altamente significativas entre láminas de riego, pero diferencias no significativas entre bloques (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis de varianza para rendimiento de materia seca.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Bloque	3	47956.55	15985.52	0.24	0.8636	ns
Lámina de riego	3	11362333.27	3787444.42	57.79	<0.0001	**
Error	9	589876.61	65541.85			
Total	15	12000166.42				

CV = 22.78%

La prueba de Duncan muestra que el T-3 presentó mayor rendimiento con 2455.34 kg ha⁻¹, el valor mínimo fue para el T-2 con 306.28 kg ha⁻¹ (Tabla 11).

Tabla 11. Comparación de medias de Duncan para el rendimiento de materia seca.

Tratamiento	Media (kg ha ⁻¹)	Grupos
T-3	2455.34	A
T-1	1232.76	B
T-4	501.41	C
T-2	306.28	C

Clavijo (2017) indica que el rendimiento más alto de materia seca fue para el tratamiento 4 (75% de biol bovino) con 1075.4 kg ha⁻¹ de materia seca, el tratamiento 1 (0% de biol bovino) tuvo menor rendimiento con 607.4 kg ha⁻¹ de materia seca.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con la aplicación de láminas de riego y aplicación de hidrogel, sobre el comportamiento agronómico del forraje espina de mar muestra resultados superiores en el porcentaje de prendimiento, altura de planta, número de ramas secundarias, número de hojas y rendimiento en materia seca en comparación con otras investigaciones realizadas en la región.

El T-3 (60% de lámina de riego) fue mejor respecto a los demás tratamientos durante el desarrollo del

cultivo, el T-2 (40% de lámina de riego) tuvo mayor número de ramas primarias frente a los demás tratamientos, en tal sentido se concluye que a mayor número de ramas secundarias mayor número de hojas y mayor producción de forraje para el consumo del ganado. Asimismo, con la aplicación del 60% de lámina de riego se produce mayor rendimiento por hectárea, obteniendo 2455.34 kg ha⁻¹.

AGRADECIMIENTOS

Damos nuestro agradecimiento al Proyecto “Validación del forraje espina de mar y maralfalfa en la Estación Experimental Choquenaira”, ejecutado con los recursos del impuesto directo a los hidrocarburos (IDH) asignados por la Universidad Mayor de San Andrés, por brindar el apoyo económico para realizar el trabajo de investigación orientado a la tesis de licenciatura.

BIBLIOGRAFÍA

Alemán, E. 2002. Comportamiento y manejo a nivel de viveros de la especie Espina de mar (*Hippophae rhamnoides* Linn), a partir de 200 esquejes. Potosí, Bolivia. 118 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1989. Manejo de Praderas, Santiago de Chile. pp. 12.

Canaviri, S. 2008. Evaluación de la adaptabilidad de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* L.) en la provincias Aroma y Pacajes del departamento de La Paz. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 106 p.

Clavijo, J. 2017. Adaptabilidad de la espina de mar (*Hippophae rhamnoides* L.) bajo riego por goteo con la aplicación de diferentes dosis de biol – bovino en la Estación Experimental Choquenaira – Viacha. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 102 p.

Idrobo, H., Rodríguez, A., Díaz, J. 2010. Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. Inveniería de Recursos Naturales y del Medio Ambiente. núm. 9, 3-37.

Rongsen, L. 1992. Seabuckthorn A Multipurpose plant species for fragile mountains. ICIMOD publication unit. Katmandu, NEPAL. (boletín informativo). 26 p.

Mamani, R., Céspedes, R. 2012. Revista en imágenes Estación Experimental Choquenaira. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 11-12.

Márquez, A. 2013. La espina de mar. Bolivia Rural. Disponible en <http://www.boliviarrural.org/component/opiniones/opinione/170-la-espina-de-mar.html>. Consultado el 12 enero 2018.

Padrón, E. 1996. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Ed. Trillas. México. 215 p.

Poblete, C. 2007. Comparación de la germinación de las semillas con y sin tratamiento pre-germinativo de espina de mar (*Hippophae rhamnoides* Linn), en tres tipos de sustratos, en Caquiaviri. Tesis de licenciatura.

La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 90 p.

Torrez, M. 2010. Influencia del estiércol de ovino en el rendimiento de materia seca en cuatro variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), Quipaquipani, Viacha. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 91 p.

Artículo recibido en: 13 de junio 2018

Aceptado en: 18 de septiembre 2018