

COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO Y SUPERFICIAL EN LA PRODUCCIÓN DE NOPAL VERDURA

COMPARISON OF TWO DRIP IRRIGATION SYSTEMS: UNDERGROUND AND SURFACE, IN PRICKLY PEAR BUD PRODUCTION

A. Flores Hernández¹, I. Orona Castillo²;
J. P. Martínez Barrientos¹ y M. Rivera González².

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas-Universidad Autónoma Chapingo. Apdo. Postal No. 8, Bermejillo, Durango, México, 35230. ²CENID-RASPA-INIFAP, Gómez Palacio, Durango, México.

RESUMEN. El presente trabajo se realizó con el propósito de probar tecnologías de producción intensiva de nopal verdura CV 69 (de mejor adaptación a la Comarca Lagunera) a través de métodos que mejoren la eficiencia de la aplicación del riego en cultivos que resultan una alternativa viable a las condiciones de aridez de nuestro País. El trabajo se llevo a cabo en el campo experimental del CENID-RASPA, ubicado en Gómez Palacio, Durango y consistió en comparar el rendimiento de nopalito y el producto medio del agua con el suministro de tres niveles de humedad; 30, 45 y 60% de la evaporación semanal acumulada, mediante la técnica de riego por goteo con dos modalidades de aplicación; riego superficial y riego subterráneo.

Los resultados obtenidos muestran mejor producción de brote de nopal con el riego superficial sobre la modalidad de riego subterráneo. En este sentido, el mejor tratamiento para el rendimiento de nopalitos, se logró con la aplicación del 60% de humedad con riego superficial con un valor de 114.49 ton/ha y el rendimiento más bajo fue de 93.31 ton/ha con riego subterráneo aplicando el nivel del 30% de humedad. De igual forma, para el producto medio del agua, el mejor tratamiento se obtuvo cuando se aplicó riego superficial al nivel del 30% de humedad con un valor de 18.81 kg/m³ y el más bajo fue de 10.49 kg/m³ con riego subterráneo al 60% de humedad. Por lo que desde el punto de vista de ahorro de agua destaca el riego superficial al 30% de la evaporación semanal.

Palabras clave: Nopal, riego por goteo.

SUMMARY. The current work has been done with the purpose of proving intensive production technologies of the vegetable nopal CV 69 (of better adaptation to the Lagunera Region) through methods that improve the efficiency of the irrigation application in cultivations that turn out a viable alternative to the dryness of our country. The work took place on the experimental field of the CENID-RASPA, located in Gomez Palacio, Durango and consisted in comparing the performance of "nopalito" and the average product of the water supply of three humidity levels; 30, 45 and 60% of the weekly accumulated evaporation, by means of the trickle irrigation technique with two forms of application; superficial irrigation and subterranean irrigation.

The obtained results show a better production of the nopal shoot with the superficial irrigation over the subterranean irrigation modality. In this way, the best treatment for the nopalitos performance, it achieved with the application of 60% of humidity with the superficial irrigation, and with a value of 114.49 tons/hectare and the lowest performance was of 93.31 tons/hectare applying the 30% humidity level. However, for the average product of the water, the best treatment was obtained when it was applied the superficial irrigation at the 30% humidity level with a value of 18.81 kg/m³ and the lowest was of 10.49 kg/m³ with the subterranean irrigation at the 60% humidity level. That's why from the point of view of saving water it emphasizes the superficial irrigation at 30% of the weekly evaporation.

Key words: Nopal, Drip irrigation.

INTRODUCCIÓN

El futuro de las zonas áridas y semiáridas del mundo depende entre otros aspectos, del aprovechamiento

adecuado de los recursos naturales y del desarrollo sostenible de los sistemas agrícolas basados en la opción de cultivos apropiados que se adapten a la

escasez de agua, a las temperaturas extremas y a la degradación y baja fertilidad de los suelos.

La región semiárida del norte de México se caracteriza por presentar zonas agrícolas de riego de alta productividad, tal es el caso de la Comarca Lagunera, que comprende los municipios del suroeste del estado de Coahuila y los del noreste del estado de Durango, cuyo clima cálido seco con precipitaciones promedio de 242 mm anuales, ha obligado al productor agropecuario a la utilización del riego con agua proveniente de la cuenca de los ríos nazas y aguanaval y a la extracción del agua del subsuelo. Sin embargo, en los últimos años la superficie irrigada en el Distrito de Riego 017, ha disminuido considerablemente debido principalmente, a la escasez de las precipitaciones pluviales y a la sobreexplotación del acuífero subterráneo.

Lo anterior conduce a buscar tecnologías para la administración del uso del agua, utilizando métodos que mejoren la eficiencia de aplicación del riego en cultivos alternativos adaptables a las condiciones de la región. En este sentido, los trabajos realizados por Mendoza (2007) demuestran que con la utilización de riego por cintilla en cultivos de sandía, chile y melón, se tienen ahorros en el agua de riego de 30% a 35% e incrementos del rendimiento en 70, 60 y 66% respectivamente. De igual forma, Potisek (2007) reporta incrementos del 220% en el rendimiento de chile jalapeño al aplicar el riego con cintilla subsuperficial y en el cultivo de alfalfa y maíz, se logran aumentos en la producción de forraje verde de 47.8 y 12.3 ton/ha/año respectivamente con ahorros notables en la cantidad de agua aplicada con cintilla subterránea (Rivera *et al*, 2007).

En un trabajo realizado por Flores *et al* (2005), donde se evaluaron los rendimientos de nopalito de cuatro cultivares de nopal, utilizando riego con cintilla superficial, concluyeron que *O. ficus indica* CV 69 presentó los valores más elevados en la producción de brote por lo que recomiendan esta variedad para su establecimiento en la Comarca Lagunera. Asimismo, menciona que *O. ficus indica* por la rapidez en su respuesta a la aplicación de pequeñas cantidades de humedad, la hacen adaptable a las condiciones de muy baja precipitación.

Para el caso del nopal, existen muy pocos reportes bibliográficos de la utilización del agua de riego. Según los datos reportados por SAGARPA-SIEA (2006), la superficie establecida con nopal verdura en México es de 10,930 ha y solamente el 21.16% se desarrolla bajo condiciones de riego con un rendimiento promedio nacional de 66.03 ton/ha bajo esta condición. Como lo

menciona Orona (2003), "El productor de nopal bajo riego en el país se concreta a regar cuando lo considera conveniente o bien, cuando tiene agua disponible". Por lo que es importante generar la información técnica pertinente para la producción intensiva de nopal verdura.

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron:

- Comparar el rendimiento de brote (nopalito) del cultivar de nopal verdura CV 69 (*O. ficus indica*) en dos sistemas de riego por goteo; superficial y subterráneo aplicando tres niveles de humedad.
- Comparar el producto medio del agua en la producción anual del nopal de verdura CV 69 (*O. ficus indica*) en dos sistemas de riego por goteo; superficial y subterráneo aplicando tres niveles de humedad.
- Determinar si existe diferencia en el rendimiento de nopal de verdura CV 69 (*O. ficus indica*) con la utilización de riego por goteo en forma superficial y subterránea aplicando diferentes niveles de humedad.
- Encontrar si el producto medio del agua en la producción de nopal de verdura CV 69 (*O. ficus indica*) es superior conforme aumenta el volumen de agua utilizado en el riego por cintilla superficial y subterránea.

MATERIALES Y METODOS

Caracterización del área del estudio

La Región Lagunera comprende una superficie de 48,215 km², está ubicada en la parte suroeste del estado de Coahuila y noreste del estado de Durango, localizada entre los paralelos 24° 59' y 26° 53' de latitud norte y los meridianos 101° 41' y 104° 85' de longitud oeste (Martínez, 2001).

De acuerdo con el Atlas Nacional de México, publicado por el Instituto de Geografía de la UNAM (1990), la Comarca Lagunera se ubica dentro de la provincia fisiográfica de la Altiplanicie Septentrional de la República Mexicana, su paisaje está compuesto por llanuras, sierras y bolsones. Su tipo de clima según García (1987), es BWhw (e) correspondiente a un clima cálido seco con lluvias en el verano. La temperatura media anual es de 21°C, el mes más caliente es junio con una temperatura media mensual de 27.3°C y el mes más frío es enero con 13.3°C de temperatura media mensual. La precipitación media anual es de 242.2 mm, el mes más lluvioso es septiembre con 56.3 mm de precipitación media mensual y el más seco es el mes de marzo con una precipitación media mensual de 2.6 mm.

La hidrología superficial de la Comarca Lagunera cuyos escurrimientos son utilizados en la agricultura, esta integrada por las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval, que conforman la Región Hidrológica No. 36. (CONAZA-SEDESOL, 1994).

Ubicación del área de estudio

El trabajo experimental del presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID-RASPA), ubicado en el Km. 6+500, margen derecho del canal principal Sacramento del Distrito de Riego No. 017 en la Región Lagunera; en el municipio de Gómez Palacio, Durango, México cuya altitud sobre el nivel del mar es de 1200 m.

Material vegetativo

Se estableció nopal verdura CV 69 (*O. ficus indica*), sometido a dos modalidades de riego por goteo; utilizando cintilla superficial y cintilla subterránea y se probaron tres niveles de riego.

Preparación del terreno

La preparación del suelo se realizó mediante un barbecho y rastreo cruzado. Se realizaron dos aplicaciones de estiércol bovino; la primera previa a la plantación fue de 5.7 Kg. por metro cuadrado, cuya incorporación se llevó a cabo mediante la rastra cruzada y la segunda de 17.36 Kg/m², después de los seis meses de realizada la plantación.

Riegos

Se aplicó un riego inicial a capacidad de campo en los primeros 60 cm de profundidad en cada uno de los tratamientos. Para calcular el tiempo de riego y la lámina de riego de establecimiento, previamente se determinó la densidad aparente del suelo, la capacidad de campo y el punto de marchites permanente.

Los riegos posteriores para las dos modalidades de aplicación, se realizaron aplicando semanalmente, láminas de riego del 30, 45 y 60 por ciento de la evaporación acumulada, cuya determinación se realizó con base en la evaporación diaria tomada de un tanque evaporímetro tipo "A".

Sistema de riego

En los dos sistemas de riego se utilizó cintilla calibre 10,000 (0.250 mm) con un gasto hidráulico por gotero de 0.5 litros por hora, a una presión de 10 PSI y a una

separación entre goteros de 20 cm. Se instaló una línea de riego por cada hilera de nopal. En el caso de la cintilla subterránea, la profundidad fue de 15 cm.

Plantación y toma de datos

Las pencas madre después de cortadas, fueron tratadas con caldo bordelés y durante quince días previos al establecimiento se dejaron bajo sombra para evitar la deshidratación total mientras se llevó a cabo la cicatrización del corte.

El arreglo de plantación fue de 40 cm entre plantas y 60 cm entre hileras en parcelas de 4 m de largo por 1.8 m de ancho, dejando 3 m entre parcelas. Se utilizaron 4 hileras por parcela. La plantación se realizó el día 5 de abril de 2000 y se realizaron cortes semanales durante un año de los brotes que fueron alcanzando el tamaño comercial (18 a 23 cm de longitud). Se registro el peso fresco de cada uno de los tratamientos y las lecturas fueron agrupadas por mes hasta el mes de marzo del 2001.

Diseño del experimento

El diseño experimental fue de parcelas divididas en bloques al azar donde las parcelas grandes fueron el tipo de riego (superficial y subterráneo) y las parcelas chicas, los niveles de humedad (aplicando riegos semanales con 30%, 45% y 60% de la evaporación diaria acumulada) y se utilizaron tres repeticiones.

Análisis estadístico

Se realizó la comparación del rendimiento y del producto medio del agua, definido como el valor resultante de dividir la producción total acumulada entre el volumen de agua aplicada en un periodo de un año.

Mediante el programa estadístico de computo SAS, se llevó a cabo el análisis de varianza del rendimiento del brote (nopalito) en los dos sistemas de riego con los diferentes niveles de humedad y la prueba de Tukey para la comparación de medias estadísticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

Los resultados obtenidos en la producción de brote de nopalito CV 69 (*Opuntia ficus indica*), utilizando cintilla superficial y subterránea con el suministro de los tres

niveles de humedad, indican que a medida que incrementamos el nivel de riego en ambos sistemas de aplicación, se incrementan los rendimientos durante el primer año de establecimiento (Cuadro 1).

Con la utilización de riego en forma superficial, el mayor rendimiento se obtuvo cuando aplicamos una humedad equivalente al 60% de la evaporación diaria, cuya producción acumulada fue 114.49 ton/ha, seguido por el nivel 45% con 108.93 ton/ha y finalmente, con la aplicación del 30% de la evaporación, se obtuvieron 100.43 ton /ha.

De igual forma, cuando se utilizó cintilla subterránea, el mayor rendimiento se registró con la aplicación del 60% de la evaporación diaria, obteniendo una producción acumulada de nopalito de 104.20 ton/ha, 95.19 ton/ha cuando se aplicó el 45% de la evaporación y solamente 93.31 ton/ha con el nivel 30%. Los rendimientos obtenidos con las dos modalidades de aplicación de humedad, superan ampliamente el rendimiento promedio nacional bajo condiciones de riego.

La producción mensual del brote muestra que el comportamiento es similar con la aplicación de los tres niveles de humedad utilizando cintilla superficial y subterránea, obteniéndose durante los meses más cálidos, la mayor producción de brotes y los valores mínimos de producción se registraron en la temporada invernal, lo que indica una relación directa con la temperatura, como lo mencionan Flores *et al* (2005).

Al comparar los rendimientos mensuales mediante la prueba de Tukey (Cuadro 2), los resultados indican que aunque haya una tendencia de diferencia entre las dos modalidades de aplicación del agua, estadísticamente no existen diferencias significativas en los dos sistemas de riego ni en los niveles de humedad aplicados. Sin

embargo con la aplicación de riego superficial se obtuvo una media mensual de 10.795 ton/ha, superior al promedio registrado con la utilización de riego subterráneo que fue de 9.76 ton/ha, lo cual se puede atribuir a las características propias del sistema radical del genero *Opuntia*, cuyo desarrollo, como lo menciona Granados (1991), es de forma muy superficial.

Producto medio del agua

Los resultados del presente trabajo muestran que a medida que incrementamos el nivel de humedad, disminuye el producto medio del agua en nopal verdura CV 69 (*O. ficus indica*) durante el primer año de establecimiento utilizando cintilla superficial y subterránea, destacando la modalidad de riego por goteo superficial comparativamente con el suministro del riego en forma subterránea.

El producto medio del agua más elevado se obtuvo con la aplicación equivalente al 30% de la evaporación acumulada utilizando cintilla en forma superficial con 18.81 kg/m³ y comparativamente, el valor mínimo registrado fue de 10.49 kg/m³, obtenido con la aplicación del 60% de la evaporación acumulada con cintilla subterránea (Cuadro 3).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye:

Que no existen diferencias estadísticas en el primer año de producción de nopalito CV 69 (*O. ficus indica*) entre las dos modalidades de aplicación de riego; utilizando cintilla superficial y cintilla subterránea, obteniendo mayores rendimientos con el sistema de riego en forma superficial.

Cuadro 1. Rendimiento mensual de nopalito CV 69 (*O. ficus indica*) con la aplicación de tres niveles de riego equivalentes al 30%, 45% y 60% de la evaporación diaria utilizando cintilla superficial y subterránea (ton/ha)

Forma de riego	Nivel de humedad	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
Superficial	30%	1.71	5.05	7.68	11.40	9.96	7.61	7.25	5.05	0.00	1.34	43.40	100.43
	45%	2.62	4.35	9.92	14.11	14.48	9.85	7.47	6.13	0.00	0.58	39.44	108.93
	60%	2.04	3.93	7.98	13.67	12.96	9.51	6.94	5.98	0.00	1.26	50.23	114.49
Subterráneo	30%	1.87	4.43	7.46	11.53	10.22	8.87	5.88	3.45	0.00	0.38	39.24	93.31
	45%	2.49	4.24	8.01	11.92	11.93	8.30	9.83	2.99	0.00	0.18	35.29	95.19
	60%	2.87	5.78	8.39	11.73	11.37	8.92	7.67	3.59	0.00	0.52	43.37	104.20

Cuadro 2. Comparación de medias (prueba de Tukey) del rendimiento en kg de brote entre tratamientos y nivel de humedad

Tratamiento	Media	Nivel de humedad	Media
Riego superficial	10.795 A	30%	10.934 A
Riego subterráneo	9.7600 A	45%	10.205 A
		60%	9.6869 A

Cifras con la misma letra son estadísticamente iguales al nivel P= 0.05

Cuadro 3. Producto medio del agua aplicada a nopal verdura CV 69 (*O. ficus indica*) mediante riego por goteo con cintilla superficial y subterránea en el primer año de establecimiento

Nivel de Humedad		Riego superficial	Riego subterráneo
Niv. I 30%	M ³ de agua	1.78	1.78
	Peso acum.. (kg)	33.48	31.10
	Prod. Medio del agua (kg/m ³)	18.81	17.47
Niv. II 45%	M ³ de agua	2.54	2.54
	Peso acum.. (kg)	36.31	31.73
	Prod. Medio del agua (kg/m ³)	14.29	12.49
Niv. III 60%	M ³ de agua	3.31	3.31
	Peso acum.. (kg)	38.16	34.73
	Prod. Medio del agua (kg/m ³)	11.53	10.49

Con relación al nivel de humedad aplicado, el análisis estadístico demuestra que no existen diferencias significativas entre los niveles de riego suministrados, aunque los datos registrados indican que a medida que aumenta la lámina de riego, se obtienen mayores rendimientos en el primer año de producción de nopalito CV 69 (*O. ficus indica*). Sin embargo, el producto medio del agua se ve disminuido al incrementar los niveles de riego con ambos métodos de aplicación.

Tomando en cuenta las condiciones climatológicas de la Comarca Lagunera, se recomienda analizar la conveniencia de utilizar para la producción de nopalito CV 69 (*O. ficus indica*), cualquiera de los dos métodos probados en el presente trabajo, aplicando una lamina de riego equivalente al 30% de la evaporación diaria acumulada, tratamiento con el cual se obtuvo la mayor productividad.

LITERATURACITADA

- CONAZA-SEDESOL. 1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México (PACD-MEXICO). Saltillo, Coah. México. 160 p.
- Flores, H.A.; Trejo C.,R.; Arreola A.,J.G.; Orona C.,I.; Murillo A.,B.; Rivera G.,M.; Martínez R.,J.G.; García G., E. A. 2005. Producción estacional de nopal verdura (*Opuntia spp*) bajo riego por goteo en una región agrícola de México. Journal of the Professional Association for Cactus Development 7:84-96.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. 4 ed. México, D.F.
- Granados, S. D. y Castañeda P., A. D.1991. El Nopal: Historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Edit. Trillas. México. 227 p.
- Instituto de geografía. 1990. Atlas nacional de México. Vol. I, II y III. UNAM. México.
- Martínez M., J. M. 2001. Productividad del agua en nopal verdura (*Opuntia spp*) bajo riego por goteo subterráneo en la comarca lagunera. Tesis URUZA. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Dgo. México.
- Mendoza M., S.F. 2007. Ahorre agua e incremente su producción en cultivos hortícolas. INIFAP- CENID-RASPA. México. 7-8 p. Catálogo de productos y servicios N°. 1
- Rivera G., M.; Estrada A., J.; Sánchez C., I. 2007. Ahorro de agua en la producción de alfalfa y maíz forrajero con riego por goteo subterráneo. INIFAP-CENID-RASPA Catálogo de Productos y Servicios No. 1:25-26.
- Orona-Castillo, I., Troyo-Dieguez, E., Nieto-Garibay, A. y Beltrán-Morales, L.F. 2003. Uso de riego de alta tecnología en la producción de nopal. pp. 95 – 116. En Murillo-Amador, B., Troyo-Dieguez, E. y García-Hernández, J.L. (Eds.). El Nopal, alternativa para la agricultura de zonas áridas en el siglo XXI. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S. México. 293 p.