

INCREMENTO DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA POR LA ALFALFA MEDIANTE LA SUSPENSIÓN DE RIEGOS EN EL VERANO

Increase in Water Use Efficiency by Alfalfa with Water-Limiting Irrigations during Summer

Héctor Mario Quiroga Garza^{1‡} y Rodolfo Faz Contreras¹

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar los efectos en la productividad de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) al suspender el riego durante el verano, se estableció este estudio en terrenos del campo experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se aplicaron 11 tratamientos que consistieron en suspender el riego durante el verano (período de julio a septiembre) por uno, dos y tres crecimientos a partir del primer y segundo año. En general, la alfalfa no se vio afectada por este manejo drástico. Los mejores tratamientos con suspensión de riegos fueron el de suspender el riego durante agosto y septiembre en el segundo año y una suspensión durante julio en el año del establecimiento. Los tratamientos con suspensión de riegos mostraron una mayor densidad de tallos que el testigo en el momento de reanudar el riego. Los tratamientos anteriores, en comparación con el testigo redujeron la producción en 1 y 2% en 28 y 29 cortes, respectivamente (testigo 68.8 Mg ha⁻¹ de forraje seco, con 32 cortes); pero se les aplicó 13 y 9% menos agua que al testigo, 583.16 cm en tres años, incrementándose la eficiencia de transformación en la misma proporción, de 1.18 a 1.34 kg forraje seco m⁻³ de agua aplicada. La suspensión de riegos en el verano no afecta ni a la producción de la alfalfa, ni a la longevidad de ésta, pero sí mejora la eficiencia global de producción.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., forraje, lámina de riego.

SUMMARY

With the objective of evaluating the effect on alfalfa (*Medicago sativa* L.) production using water-limiting

irrigation during the summer a study was established in the La Laguna research station of the 'Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias' (INIFAP). Eleven treatments were evaluated with no irrigation during summer (July-September) by one, two or three growths starting in the first and the second year. In general, alfalfa was not affected by this extreme water management. The best treatments with water-limiting irrigation during August and September were those in the second year and during July in the planting year. The treatments in which irrigation was suspended showed higher stem density than the control when irrigation was resumed; however, their dry forage yield in 28 and 29 harvests was 1 and 2% lower than the control (68.8 Mg ha⁻¹ in 32 harvests). A total irrigation of 583.16 cm was applied to the control, while the two previous treatments received 13 and 9% less water, increasing the dry matter production efficiency from 1.18 to 1.34 kg dry forage m⁻³ water applied. Withholding irrigation during the summer did not affect alfalfa production nor stand longevity, but it did increase the global efficiency of dry matter production.

Index words: *Medicago sativa* L., forage, water layer.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa es el principal forraje en la Comarca Lagunera, tanto por su superficie (37 000 ha) como por su volumen de producción, calidad y grado de utilización en las dietas del hato lechero regional. Por otra parte, la principal limitante para la producción agropecuaria en la región es el agua de riego; la alfalfa, por ser un cultivo perenne que demanda riego durante todo el año, se ha catalogado como un cultivo con alta demanda hídrica y, a la vez, como ineficiente en el uso del agua, misma visualización que se tiene en otras zonas alfalferas del mundo (Grimes *et al.*, 1992). En zonas áridas y semiáridas los costos de producción de la alfalfa son altos debido, principalmente, a los altos costos de extracción y aplicación del agua de riego (Joardi-Karimi *et al.*, 1983).

¹ Campo Experimental La Laguna, CIR Norte Centro, INIFAP. Blvd. José S. Valdés 1200 Pte., 27440 Matamoros, Coahuila, México.

[‡] Autor responsable (quiroga.mario@inifap.gob.mx)

La producción de alfalfa es fluctuante a través del año; las mayores producciones por corte ocurren durante el período de marzo a mayo. De julio a septiembre, el intervalo entre cortes se reduce y el rendimiento por corte decae hasta alcanzar el rendimiento más bajo durante el año. De octubre a febrero, el rendimiento unitario por corte aumenta gradualmente, aunque el intervalo entre cortes se incrementa. Esta fluctuación en el rendimiento por corte de la alfalfa se ha reportado tanto en la Comarca Lagunera (Inzunza, 1991), como en el estado de Arizona en EE. UU. (Ottman *et al.*, 1996). El fenómeno que ocurre de julio a septiembre se le ha denominado “caída de verano” y se le ha atribuido a las altas temperaturas, la intensidad de la radiación solar y el fotoperíodo, factores que aceleran la maduración de la planta, reducen el intervalo entre cortes, el rendimiento y, en consecuencia, las reservas radiculares de carbohidratos disminuyen (Fick *et al.*, 1988). También durante el verano, la densidad de plantas puede declinar, lo cual es atribuible a la caída de las reservas radiculares de carbohidratos no estructurales (Ottman *et al.*, 1996).

Una práctica común para tratar de atenuar la “caída de verano” es la de aplicar un riego extra entre los cortes que ocurren durante este período. Sin embargo, el exceso de agua aplicado no compensa el poco incremento en rendimiento, por lo que este período del año es la época en la que la alfalfa es más ineficiente en transformar el agua de riego a materia seca. Aunado a la caída en el rendimiento, los excesos de agua y las altas temperaturas pueden ocasionar disminuciones significativas en la densidad de plantas por el fenómeno de la “quemadura” (Donovan y Meek, 1983). También bajo el sistema de riego por inundación, la infestación de malezas gramíneas se agudiza y es favorecida cuando se aplican riegos de más (Metochis y Orphanos, 1981).

La suspensión de riegos de la alfalfa durante la época ineficiente del verano induce una latencia temporal en el cultivo, reduce las pérdidas de plantas por “quemadura”, disminuye la infestación de malezas gramíneas, puede aumentar la eficiencia global en el uso del agua por la alfalfa y permite utilizar el agua de riego en otros cultivos dentro del predio que son más susceptibles al estrés hídrico (Ottman *et al.*, 1996). La suspensión de riegos en alfalfa durante el verano está basada en la experiencia que se tiene con los lotes de alfalfa destinados a la producción de semilla, donde la alfalfa sobrevive prolongados períodos de estrés hídrico. Se ha observado que cuando se reanuda el riego después

de la suspensión del riego por un crecimiento, el rendimiento de la alfalfa se normaliza rindiendo al mismo nivel que una alfalfa que no se castigó sin riego (Metochis y Orphanos, 1981). Para los productores de alfalfa en los estados de Arizona y California, EE. UU., la suspensión del riego en el verano será económicamente factible sólo si el costo del metro cúbico de agua excede US \$0.036 y \$0.045, respectivamente (Takele y Kallenbach, 2001).

Recientemente, se ha observado que para la producción de alfalfa, la aplicación del riego se ha tecnificado, con la utilización de sistemas presurizados como el pivote central y, últimamente, con el novedoso sistema de sub-irrigación o “cintilla”. Estos sistemas de riego requieren de fuertes inversiones, por lo que no toda la superficie en un predio o no todos los productores podrán implementar estos sistemas de riego de alta tecnología. Sin embargo, es necesario la búsqueda de modificaciones al sistema tradicional de riego en la alfalfa, por inundación, para lograr incrementar su eficiencia, donde se debe evaluar el efecto de la suspensión de riegos sobre la productividad de la alfalfa.

Por tal motivo, los objetivos del presente estudio fueron reducir la lámina total de riego en la alfalfa, sin detrimento significativo en el rendimiento total de forraje anual de alfalfa, incrementar la eficiencia en el uso del agua por la alfalfa, evaluar los efectos de la suspensión de riegos durante el verano sobre la productividad y persistencia de la alfalfa en las condiciones de la Comarca Lagunera, y evaluar efectos secundarios sobre la infestación de malezas, plagas y enfermedades en la alfalfa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se estableció el 20 de febrero del 2001 en terrenos del campo experimental de La Laguna en un Aridisol arcilloso (52% arcilla, 34% limo y 14% arena), con una capacidad de almacenamiento de agua de 12.5 cm m⁻¹. Se utilizó la variedad CUF-101 con una densidad de siembra de 35 kg ha⁻¹; se fertilizó únicamente con 150 kg ha⁻¹ año⁻¹ de P₂O₅.

Se establecieron 11 tratamientos que consistieron en suspensiones de riego por uno, dos y tres crecimientos durante el verano (julio a septiembre) durante los tres años de evaluación. En el Cuadro 1 se describen cada uno de los tratamientos.

Los cortes se efectuaron cuando el cultivo alcanzó un estado fenológico de 10% de flor, o bien, en los meses invernales cuando el rebrote basal alcanzó los 5 cm de altura, obteniéndose un total de 32 cortes (en el testigo, sin suspensión de riegos) en los tres años que duró el estudio: 9, 12 y 11 cortes para cada uno de los años 2001, 2002 y 2003, respectivamente. Para la reanudación de los riegos en los tratamientos con suspensiones, la referencia fue el tratamiento testigo. Durante los períodos sin riego, el rebrote que llegó a crecer no se cortó.

Los 11 tratamientos se establecieron en forma aleatoria en un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela constó de un área total de 56 m² (7 x 8 m), dentro de la cual se fijaron áreas para el muestreo de rendimiento de forraje 2 m² (2 x 1 m) y para población o densidad de tallos 0.09 m² (0.3 x 0.3 m). Para la estimación del rendimiento de forraje seco se obtuvo una sub-muestra, la cual se pesó en verde y se secó en una estufa de aire forzado a 60 °C por 72 h, hasta peso constante.

Para la estimación de las láminas de riego por tratamiento, en el canal alimentador a la entrada del lote experimental, se colocó un aforador "Parshall" para medir el flujo del agua en el canal. El volumen de agua aplicado por tratamiento se estimó multiplicando el caudal medido en el aforador por tiempo de riego para cada una de las parcelas. En el Cuadro 2 se presentan las condiciones climatológicas durante los períodos de suspensión de riego en cada uno de los tres años del estudio.

Las parcelas se establecieron con una separación entre ellas y el canal de riego de 4 m, lo anterior con el objetivo de evitar interferencias de humedad de los canales y bordos en las parcelas con suspensión de riego. Las variables a evaluar fueron: 1) rendimiento de forraje verde (FV) y seco (FS); 2) dinámica de la densidad de tallos; 3) lámina de riego aplicada; 4) eficiencia en el uso del agua; y 5) observación de infestaciones de malezas, plagas y enfermedades. Se hicieron análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas y las medias se separaron mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) a $\alpha = 0.05$ (SAS Institute, 1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se presentan los rendimientos acumulados de FV y FS para cada uno de los tres años. En el primer año, en el testigo y en los tratamientos cuyas suspensiones del riego iniciaron hasta el segundo año, la acumulación de FS fluctuó de 19.52 a 22.11 Mg ha⁻¹; el rendimiento de FS no se vio afectado significativamente ($\alpha = 0.05$) al suspender el riego para un crecimiento en el mes de julio (Tratamiento 2), pero la reducción en el rendimiento sí fue significativa al suspender el riego en dos crecimientos alternativos (Tratamiento 4). Para el segundo año, cuando ya se aplicaron todos los tratamientos, no se detectaron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$), y se presentaron 19.55 Mg ha⁻¹ de FS, cuando a partir del segundo año se suspendió el riego por tres crecimientos consecutivos

Cuadro 1. Tratamientos de suspensión del riego en alfalfa durante los veranos 2001, 2002 y 2003 INIFAP-CELALA.

Tratamiento de suspensión del riego	Suspensión del riego								
	2001			2002			2003		
	Jul.	Ago.	Sep.	Jul.	Ago.	Sep.	Jul.	Ago.	Sep.
1 Testigo – sin suspensiones									
2 jul. a partir del 1 ^{er} año	X [†]			X			X		
3 sep. a partir del 1 ^{er} año			X			X			X
4 jul. y sep. a partir del 1 ^{er} año	X		X	X		X	X		X
5 jul. a partir del 2 ^o año				X			X		
6 jul. y ago. a partir del 2 ^o año				X	X		X	X	
7 jul., ago. y sep. a partir del 2 ^o año				X	X	X	X	X	X
8 jul. y sep. a partir del 2 ^o año				X		X	X		X
9 ago. a partir del 2 ^o año					X			X	
10 ago. y sep. a partir del 2 ^o año					X	X		X	X
11 sep. a partir del 2 ^o año						X			X

[†] X = suspensión del riego.

Cuadro 2. Temperaturas máximas, mínimas y promedio mensuales, precipitación y evaporación acumuladas durante los meses de suspensión del riego en los tres años de estudio 2001, 2002 y 2003. INIFAP-CELALA.

	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura media	Precipitación	Evaporación (Eo) [†]
	°C			mm	
	2001				
Julio	36.0	21.4	28.7	21.8	287.5
Agosto	35.7	21.4	28.6	9.8	263.4
Septiembre	33.4	18.0	25.7	11.2	200.3
	2002				
Julio	34.6	20.8	27.7	33.1	246.8
Agosto	35.0	21.2	28.1	14.1	269.2
Septiembre	32.2	17.7	25.0	29.0	192.4
	2003				
Julio	34.5	19.6	27.0	31.0	237.0
Agosto	35.0	18.7	26.8	18.3	247.2
Septiembre	31.5	19.1	25.3	62.3 [‡]	168.0

[†] Evaporación directa de tanque evaporímetro.

[‡] Acumulado en ocho eventos, máximo de 34 mm en un evento.

(Tratamiento 7), hasta 26.27 Mg ha⁻¹ de FS, para el tratamiento con la suspensión del riego en el crecimiento del mes de julio desde el primer año (Tratamiento 2). Durante el tercer año se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, los menores rendimientos correspondieron a aquéllos que iniciaron a partir del segundo año: 7, 9 y 10, de 17.22 a 20.17 Mg ha⁻¹ de FS. El resto de los tratamientos junto con el testigo presentaron una producción acumulada en el tercer año de 20.27 a 22.98 Mg ha⁻¹.

Los Tratamientos 2, 10 y 11 no se vieron afectados en sus rendimientos por las suspensiones de riegos y fueron estadísticamente iguales al testigo ($\alpha = 0.05$), a pesar de tener uno o dos cortes menos por año. Lo anterior puede ser el resultado de inducir una latencia fisiológica (hídrica) durante el o los meses en los que se detuvo el crecimiento de rebrotes y esto favoreció a la conservación de reservas radicales de carbohidratos por arriba de las del testigo [Fick *et al.* (1988) informan lo mismo], el cual continuó utilizando sus reservas para

Cuadro 3. Rendimiento de forraje verde (FV) y seco (FS), acumulados durante cada uno de los tres años de evaluación. INIFAP-CELALA, 2001-2003.

Tratamiento de suspensión	1 ^{er} año		2 ^o año		3 ^{er} año	
	FV	FS	FV	FS	FV	FS
	Mg ha ⁻¹					
1 testigo – sin suspensiones	89.375	20.859 ab [†]	113.41	25.078	116.531 a	22.887 a
10 ago. y sep. a partir del 2 ^o año	95.656	22.109 a	115.46	24.882	107.500 ab	21.146 ab
2 jul. a partir del 1 ^{er} año	83.375	18.691 bc	117.38	26.275	119.500 a	22.978 a
11 sep. a partir del 2 ^o año	88.938	20.357 abc	108.94	23.830	117.188 a	22.082 a
8 jul. y sep. a partir del 2 ^o año	91.531	20.611 ab	107.16	23.947	104.875 ab	20.268 ab
5 jul. a partir del 2 ^o año	85.094	19.558 bc	107.17	23.003	116.531 a	22.161 a
3 sep. a partir del 1 ^{er} año	78.125	17.990 c	104.25	23.160	107.188 abc	21.669 a
6 jul. y ago. a partir del 2 ^o año	86.219	20.321 abc	94.58	21.786	104.000 abc	20.175 abc
9 ago. a partir del 2 ^o año	83.438	19.522 bc	104.51	23.689	93.688 bc	18.399 bc
7 jul., ago. y sep. a partir del 2 ^o año	86.619	20.768 ab	87.49	19.548	87.156 c	17.225 c
4 jul. y sep. a partir del 1 ^{er} año	65.438	14.368 d	97.16	21.447	106.281 ab	20.446 ab
DMS ₀₅	ns	2.541	ns	ns	17.642	2.982
CV (%)	13.19	9	13.79	11.54	11.38	9.91

[†] Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS ($\alpha = 0.05$).

ns = no significancia, CV = coeficiente de variación.

los rebrotes ocurridos durante el verano. Esta conservación de reservas se vio reflejada en una mayor densidad de tallos en los cortes subsiguientes a la reanudación del riego (Figura 1). Este mismo fenómeno se ha reportado en otros estudios (Metochis y Orphanos, 1981; Ottman *et al.*, 1996). Lo anterior concuerda con lo reportado por Takele y Kallenbach (2001), quienes

encontraron que, al suspender el riego por no más de 35 días, el rendimiento no se redujo o se incrementó ligeramente al reanudarse el riego; sin embargo, con suspensiones del riego por 70 días o más, el rendimiento de FS se redujo en 34%, una vez que se reanudó el riego. En el presente estudio, durante el segundo y tercer año, el Tratamiento 7 presentó reducciones de 22 a 25% en

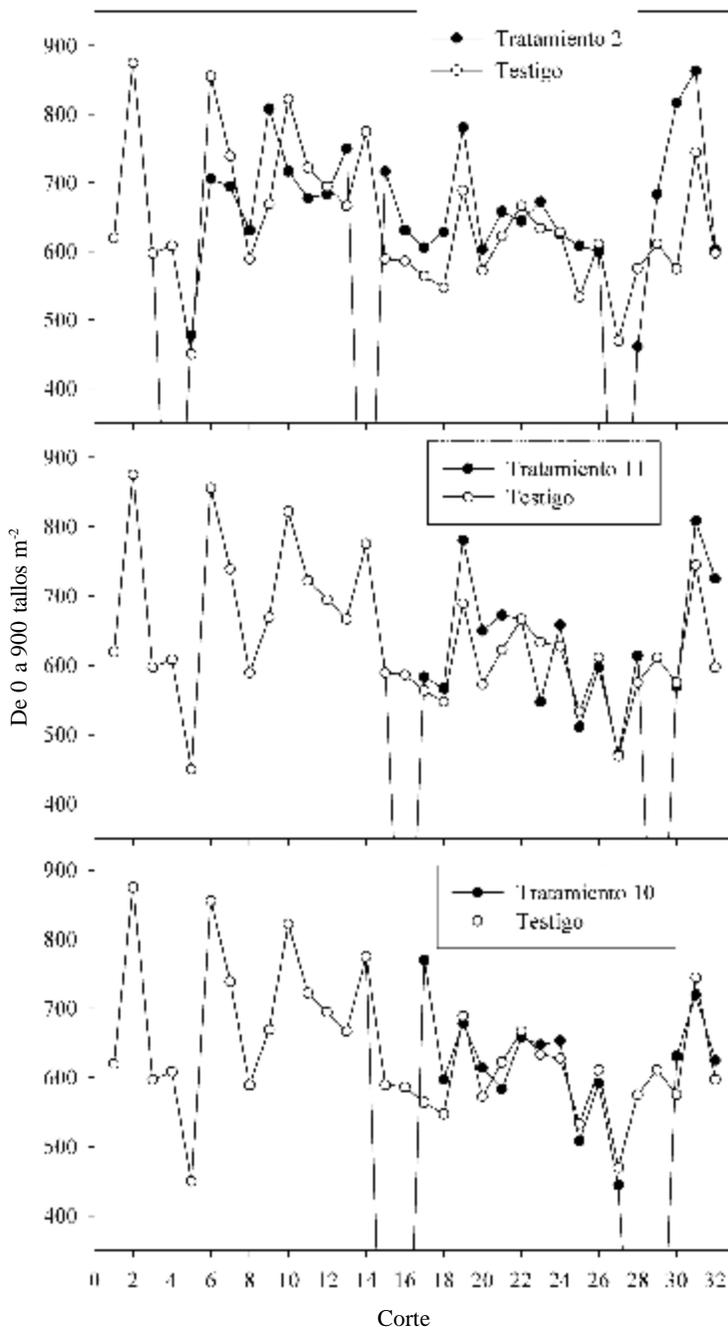


Figura 1. Número de tallos por corte por metro cuadrado de los tratamientos sobresalientes en rendimiento total en comparación con el testigo. A) Una suspensión, en julio a partir del primer año (Tratamiento 2). B) Dos suspensiones, en agosto y septiembre a partir del segundo año (Tratamiento 11). C) Dos suspensiones, en julio y agosto a partir del segundo año (Tratamiento 10).

el rendimiento de FS con respecto al testigo. Estos efectos negativos de la suspensión del riego en la producción de alfalfa se han citado en otros estudios (Guitjens, 1993; Ottman *et al.*, 1996). Estos resultados opuestos entre estudios pueden atribuirse a las diferencias entre los suelos en su capacidad de almacenar agua a profundidades por debajo de la zona radicular y a la habilidad de la alfalfa de explorar mayores profundidades de suelo (Guitjens, 1990).

Los rendimientos acumulados en los tres años de estudio se muestran en el Cuadro 4. El testigo (sin suspensión de riegos y 32 cortes) obtuvo una producción total de 68.824 Mg ha⁻¹ de FS, en los tres años de estudio, y es estadísticamente igual a los Tratamientos 10, 2 y 11, cuyos rendimientos acumulados representaron 99, 98 y 96% del rendimiento del testigo, pero con 28, 29 y 30 cortes, respectivamente. El mismo comportamiento de no reducción en los rendimientos totales de alfalfa con suspensiones de riego durante el verano, se ha reportado en estudios realizados en otras latitudes (Metochis y Orphanos, 1981; Takele y Kallenbach, 2001). Al comparar los rendimientos de FS (Mg ha⁻¹ corte⁻¹), no se encontraron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre tratamientos. Lo anterior puede explicarse por el mayor número de tallos en los cortes subsecuentes a la reanudación de los riegos, lo cual compensó el menor número de cortes obtenidos en los tratamientos con suspensiones de riego.

Cuadro 4. Rendimiento de forraje seco (FS), acumulado en los tres años de evaluación. INIFAP-CELALA, 2001-2003.

Tratamiento de suspensión	Acumulado FS
	Mg ha ⁻¹
1 testigo – sin suspensiones	68.824 a [†]
10 ago. y sep. a partir del 2° año	68.137 a
2 jul. a partir del 1 ^{er} año	67.945 a
11 sep. a partir del 2° año	66.269 a
8 jul. y sep. a partir del 2° año	64.826 ab
5 jul. a partir del 2° año	64.722 ab
3 sep. a partir del 1 ^{er} año	62.818 abc
6 jul. y ago. a partir del 2° año	62.281 abc
9 ago. a partir del 2° año	61.609 abc
7 jul., ago. y sep. a partir del 2° año	57.542 bc
4 jul. y sep. a partir del 1 ^{er} año	56.262 c
DMS ₀₅	7.706
CV (%)	8.37

[†] Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS ($\alpha = 0.05$). ns = no significancia, CV = coeficiente de variación.

En cuanto al agua de riego aplicada, el testigo (sin suspensiones de riego) recibió una lámina estadísticamente superior a todos los tratamientos, 583.163 cm, en los tres años (Cuadro 5). El testigo se irrigó en 35 ocasiones, correspondiendo una lámina promedio de 17 cm. Los tratamientos con suspensiones recibieron una reducción en el número de riegos, igual a la reducción en el número de cortes. Los Tratamientos 10, 2 y 11 recibieron 13, 9 y 6% (74, 55 y 37 cm) menos lámina de riego que el testigo; este ahorro de agua puede llegar a representar un volumen anual del orden de 97, 73.2 y 49.2 $\times 10^6$ m³ año⁻¹, respectivamente, en las 40 000 ha de alfalfa de la región (SAGARPA, 2005).

Las eficiencias de producción (medidas como kg m⁻³ de FS) fueron estadísticamente iguales para todos los tratamientos, con un rango de 1.146 a 1.338 kg m⁻³ para los Tratamientos 9 y 10, respectivamente (testigo 1.18 kg m⁻³). La lámina de riego aplicada al testigo fue de 194 cm año⁻¹ que equivale a una lámina evapotranspirada de 155 a 165 cm, valores muy cercanos a los reportados en otras zonas desérticas productoras de alfalfa en el mundo (Benli *et al.*, 2005). La eficiencia del testigo, calculada con base en la lámina evapotranspirada (estimada) equivale a un rango de 1.39 a 1.48 kg m⁻³ de FS, que concuerdan con

Cuadro 5. Láminas de riego y eficiencias de producción de la alfalfa con suspensiones de riego durante el verano, producción de maleza (materia verde) acumulada en los tres años de evaluación. INIFAP-CELALA, 2001-2003.

Tratamiento de suspensión	Lámina de riego tres años	Maleza verde acum.
	cm ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹
10 ago. y sep. a partir del 2° año	509.1 de [†]	11.7 c
2 jul. a partir del 1 ^{er} año	528.4 c	15.7 c
8 jul. y sep. a partir del 2° año	511.6 de	10 c
6 jul. y ago. a partir del 2° año	504.0 e	37.1 abc
7 jul., ago. y sep. a partir del 2° año	469.7 f	18.8 c
11 sep. a partir del 2° año	546.2 b	14.3 c
4 jul. y sep. a partir del 1 ^{er} año	467.4 f	11.5 c
3 sep. a partir del 1 ^{er} año		20.5 bc
5 jul. a partir del 2° año	545.9 b	52.3 ab
1 testigo – sin suspensiones	583.2 a	56.1 a
9 ago. a partir del 2° año	537.5 bc	54.5 a
DMS ₀₅	16.142	32.5
CV (%)	2.15	82

[†] Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS ($\alpha = 0.05$). ns = no significancia, CV = coeficiente de variación.

lo informado por Grismer (2001) y Metochis y Orphanos (1981) de 1.32 a 1.60 kg m⁻³ de FS.

La suspensión de riegos durante el verano redujo significativamente ($\alpha = 0.05$) la infestación de malezas, principalmente gramíneas (Cuadro 5). Con el testigo se obtuvo una producción acumulada de maleza (materia verde) de 56.1 Mg ha⁻¹ en los tres años, que contrastan con los 10, 11.5 y 11.7 Mg ha⁻¹ en los Tratamientos 8, 4 y 10, respectivamente, lo cual coincide con observaciones hechas en otros estudios (Metochis y Orphanos, 1981). En cuanto a la infestación de plagas y enfermedades no se detectaron problemas serios ni diferencias entre los tratamientos.

CONCLUSIONES

- Con los resultados obtenidos en este estudio de los efectos de la suspensión de riegos durante el verano sobre el comportamiento de la alfalfa, puede concluirse que esta práctica no tiene efectos negativos sobre la productividad de la alfalfa, si la suspensión se realiza por uno o dos crecimientos. Suspender el riego por tres crecimientos sí puede afectar la productividad.

- Dejar de aplicar dos riegos a partir del segundo año, durante agosto y septiembre, reduce el rendimiento de forraje seco (FS) tan sólo 1%, pero se disminuye la lámina de riego aplicada en 13%; en esta misma proporción se incrementa la eficiencia de transformación del agua de riego a forraje seco, de 1.18 del testigo a 1.34 kg m⁻³ de FS.

- La suspensión de riegos puede iniciarse desde el año del establecimiento, pero ésta no debe ser mayor de una suspensión y durante el mes de julio; con esto el rendimiento global se reduce 1% pero la lámina bruta de riego se reduce en 9%.

- Al aplicar las suspensiones de riego en el verano, se induce una latencia fisiológica en la planta de alfalfa, lo cual le permite conservar sus reservas radiculares de carbohidratos durante la época de mayor estrés hídrico, lo que refleja en una mayor densidad de tallos al reanudar

los riegos. Además, esta práctica puede ayudar a disminuir las infestaciones de malezas que se presentan durante la época del verano (gramíneas principalmente), lo que se traduce en una reducción en los costos de producción del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Benli, B., S. Modal, A. Ilbeyi, and H. Ustum. 2005. Determination of evapotranspiration and basal crop coefficient of alfalfa with a weighing lysimeter. *Agric. Water Manage.* 81: 358-370.
- Donovan, T. J. and B. D. Meek. 1983. Alfalfa responses to irrigation treatment and environment. *Agron. J.* 75: 461-464.
- Fick, G. W., D. A. Holt, and D. G. Lugg. 1988. Environmental physiology and crop growth. pp. 163-194. *In: A. A. Hanson, D. K. Barnes, and R. R. Hill (eds.). Alfalfa and alfalfa improvement. Agronomy 29. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA.*
- Grimes, D. W., P. L. Wiley, and W. R. Sheesley. 1992. Alfalfa yield and plant water relations with variable irrigation. *Crop Sci.* 32: 1381-1387.
- Grismer, M. E. 2001. Regional alfalfa yield, ETC, and water value in Western States. *J. Irrig. Drain. Eng.* 127: 131-139.
- Guitjens, J. C. 1990. Alfalfa. pp. 537-568. *In: B. A. Stewart and D. R. Nilsen (eds.). Irrigation of agricultural crops. Agronomy 30. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA.*
- Guitjens, J. C. 1993. Alfalfa irrigation during drought. *J. Irrig. Drain. Eng.* 119: 1092-1098.
- Inzunza I., M. A. 1991. Respuesta de la alfalfa a diferentes contenidos de humedad del suelo. *Terra* 9: 129-138.
- Joardi-Karimi, F., V. Walton, H. Hodges, and F. Whisler. 1983. Root distribution and water use efficiency of alfalfa as influenced by depth of irrigation. *Agron. J.* 75: 207-211.
- Metochis, C. and P. I. Orphanos. 1981. Alfalfa yield and water use when forced into dormancy by withholding water during the summer. *Agron. J.* 73: 1048-1050.
- Ottman, M. J., B. R. Tickes, and R. L. Roth. 1996. Alfalfa yield and stand response to irrigation in arid environment. *Agron. J.* 88: 44-48.
- SAS Institute. 1990. SAS/STAT User's guide. Volume 2, GLM-VARCOMP. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Takele, E. and R. Kallenbach. 2001. Analysis of the impact of alfalfa forage production under summer water-limiting circumstances on productivity, agricultural and growers returns and plant stand. *J. Agron. Crop Sci.* 187: 41-46.