

Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte

Productive response of alfalfa to different cutting frequencies

Sergio Ibán Mendoza Pedroza^a, Alfonso Hernández Garay^a, Jorge Pérez Pérez^a, Adrián Raymundo Quero Carrillo^a, J. Alberto S. Escalante Estrada^a, José Luis Zaragoza Ramírez^b, Omar Ramírez Reynoso^c

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento de forraje, composición botánica y morfológica, área foliar por tallo y radiación interceptada en alfalfa (*Medicago sativa* L.), cv. "San Miguelito" se realizó un experimento durante agosto de 2006 a agosto de 2007. Los tratamientos consistieron en cuatro frecuencias de corte: 3, 4, 5 y 6 semanas durante primavera-verano y 4, 5, 6 y 7 semanas en otoño-invierno, distribuidos en un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones. El rendimiento de materia seca por estación y total acumulada varió entre las frecuencias de corte ($P < 0.05$) y la mayor cantidad total acumulada (34,454 kg MS ha⁻¹) se registró con las frecuencias a 6 y 7 semanas, con una distribución de 31, 26, 23 y 20 % para verano, primavera, otoño e invierno, respectivamente. Se observó que el área foliar por tallo se incrementó conforme se redujo la frecuencia de corte ($P < 0.05$) y la mayor cantidad (108 cm² tallo⁻¹) ocurrió en verano con el corte a 5 semanas, valor que fue similar ($P > 0.05$) al obtenido a 6 semanas (105 cm² tallo⁻¹), pero diferente y superior a los demás tratamientos ($P < 0.05$). Independientemente de la estación del año ($P < 0.05$), se observó que los mayores valores de radiación interceptada ocurrieron con los cortes a 6 y 7 semanas, con un valor promedio de 90 %. Se concluye que la mayor cantidad de forraje en alfalfa ocurrió en la frecuencia de corte a 6 semanas durante primavera-verano y a 7 semanas en otoño-invierno.

PALABRAS CLAVE: *Medicago sativa*, Alfalfa, Intervalo de corte, Rendimiento de forraje, Área foliar, Radiación interceptada.

ABSTRACT

The present study was performed with the objective of assessing the effect of cutting frequency on herbage yield, botanical and morphological composition, leaf area per tiller and intercepted radiation in alfalfa (*Medicago sativa* L.) cv. San Miguelito. The study was carried out from August 2006 to August 2007 at the Colegio de Postgraduados research station, Montecillo, Estado de Mexico. The treatments consisted in four cutting frequencies, 3, 4, 5 and 6 wk in spring-summer and 4, 5, 6 and 7 wk in fall-winter, distributed in a completely randomized block design with four replicates. Seasonal and annual herbage yield showed differences between cutting frequencies ($P < 0.05$). The greatest total accumulated dry matter yield (34,454 kg DM ha⁻¹) was recorded at the 6 and 7 wk cutting frequencies, showing a 31, 26, 23 and 20 % distribution for summer, spring, fall and winter, respectively. Leaf area per tiller increased as the cutting frequency decreased ($P < 0.05$) and its greater value was recorded during summer with 5 wk frequency (108 cm² tiller⁻¹), similar to the one found at the summer 6 wk frequency (105 cm² tiller⁻¹), but significantly different and higher to those observed in all the other treatments ($P < 0.05$). Relative to intercepted radiation, regardless of season ($P < 0.05$) its greater values were found at the 6 and 7 wk cutting frequencies, averaging 90 %. As a conclusion, it can be stated that the greatest herbage yield was observed when the alfalfa was harvested at 6 and 7 wk cutting frequency in spring-summer and in fall-winter.

KEYWORDS: *Medicago sativa*, Alfalfa, Cutting frequency, Herbage yield, Leaf area, Intercepted radiation.

En la mayoría de los países latinoamericanos y del mundo, los forrajes constituyen aproximadamente

In most of Latinamerica and also in the rest of the world, approximately 80 % of feed intake of

Recibido el 26 de agosto de 2009. Aceptado para su publicación el 17 de mayo de 2010.

^a Ganadería, Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km. 35.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, México. hernan@colpos.mx. Correspondencia al segundo autor

^b Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

^c Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Costa Chica. Universidad Autónoma de Guerrero.

el 80 % del alimento consumido por los rumiantes durante su vida productiva⁽¹⁾. En México, la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa forrajera más utilizada para la alimentación del ganado lechero, en las regiones árida, semiárida y templada⁽²⁾. Su importancia radica en la cantidad de forraje obtenido por unidad de superficie cultivada, valor nutritivo, aceptabilidad y consumo animal, ya sea en estado fresco, heno o ensilada. En México, en 1969 se sembraron 160,000 ha, con una producción de 9 millones de toneladas de materia verde⁽³⁾. Mientras que para el año 2006 la superficie cultivada con alfalfa fue de 379,103 ha y se cosecharon 28 millones de toneladas de forraje verde, con un rendimiento promedio anual de 75.24 t ha⁻¹⁽⁴⁾.

Estudios de crecimiento foliar en gramíneas y leguminosas de clima templado^(5,6), han demostrado que es importante conocer la velocidad de rebrote entre defoliaciones sucesivas, para entender el efecto de la frecuencia e intensidad de cosecha en el rendimiento de forraje. Al respecto, algunos autores^(6,7) indicaron que la frecuencia de corte en alfalfa, debe definirse estacionalmente, con base en la velocidad de crecimiento de la planta, para lograr los máximos rendimientos anuales de forraje y mantener su persistencia.

No obstante, la persistencia de esta especie es de tres años, debido a la alta frecuencia de corte, con un promedio que varía de 9 a 11 cortes por año⁽²⁾. Por ello, para obtener mayor persistencia y productividad de las praderas⁽⁸⁾, tanto en corte como en pastoreo, es necesario determinar el tiempo de ocupación y descanso, así como las intensidades y frecuencias de corte. Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la frecuencia de corte en el rendimiento, composición botánica y morfológica, área foliar y radiación interceptada en alfalfa cv. San Miguelito.

El estudio se realizó de agosto del 2006 a agosto del 2007, en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, localizado a 19° 29' N y a 98° 53' O, a 2,240 msnm. El clima es templado sub húmedo, con lluvias en verano⁽⁹⁾. La precipitación y

ruminants is provided by forages⁽¹⁾. In Mexico, alfalfa (*Medicago sativa* L.) is the most widely used forage legume for feeding dairy animals in the arid, semiarid and temperate areas⁽²⁾. Its importance lies in the amount of forage produced, in its nutritional value and its acceptance and intake by animals, either fresh, or as hay or silage. Area planted to alfalfa in Mexico in 1969 was 160,000 ha producing 9 million tons fresh matter⁽³⁾, and in 2006 area had increased to 379,103 ha producing some 28 million tons fresh matter, yielding 75.14 t ha⁻¹⁽⁴⁾.

Studies carried out on plant growth in temperate grasses and legumes^(5,6) confirm the importance of determining the regrowth rate between successive defoliations, in order to understand the effect of cutting frequency and intensity on herbage yield. Relative to this, some authors^(6,7) comment that cutting frequency in alfalfa should be set in accordance with seasons, based on the regrowth rate for obtaining the maximum yearly herbage yield and pasture persistence.

Nevertheless, persistence in this specie is three years, due to high cutting frequencies, averaging between 9 and 11 defoliations per year⁽²⁾. Due to this, and looking for greater persistence and productivity⁽⁸⁾, both for grazing and for cutting, it is deemed necessary to determine the resting and occupation periods, as well as cutting frequency and intensity. Therefore, the objective of the present study was to evaluate effects of cutting frequency on herbage yield, botanical composition, leaf area and intercepted radiation in alfalfa cv. San Miguelito.

The present study was carried out from August 2006 to August 2007 at the Experiment Station of the Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, State of Mexico, located at 19° 29' N and 98° 53' W at 2,240 m asl. Climate can be characterized as temperate sub-humid with summer rainfall with 15.2 °C and 637 mm average annual temperature and rainfall, respectively. Rainfall and temperature recorded during the period of the experiment are shown in Figure 1. Total rainfall was 554.3 mm, being September 2006 the month showing higher rainfall (80.2 mm) and December 2006 the lowest

temperatura registradas durante la fase experimental se presentan en la Figura 1, donde se observa que la precipitación total fue de 554.3 mm y la mayor cantidad (80.2 mm) se registró en septiembre de 2006 y la menor (0 mm) en diciembre de 2007. La temperatura máxima (32 °C) se registró en junio de 2007, mientras que las mínimas se presentaron en noviembre y diciembre de 2006 y en enero y febrero de 2007, con valores de -3, -1, -1 y -1, respectivamente. El suelo es franco arenoso, ligeramente alcalino, con pH de 7 a 8⁽¹⁰⁾.

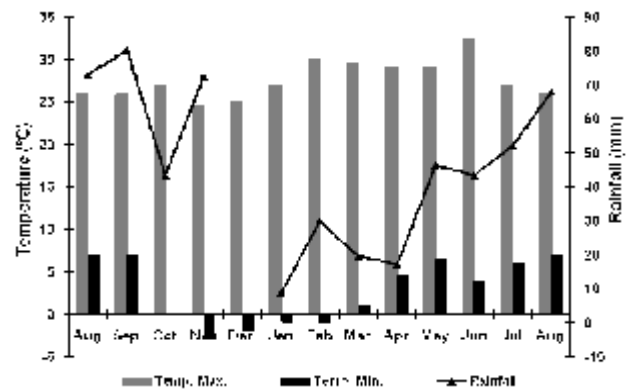
Se utilizó una pradera de alfalfa, establecida en octubre de 2004. El área se dividió en 16 parcelas de 63 m² (9*7 m), las cuales constituyeron las unidades experimentales. Los tratamientos consistieron en cuatro frecuencias de corte: 3, 4, 5 y 6 semanas en primavera-verano y 4, 5, 6 y 7 semanas en otoño-invierno, distribuidos en un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones. Antes de iniciar el estudio se realizó un corte de uniformización a 5 cm sobre el nivel del suelo. Todas las praderas se cosecharon a esa altura durante todo el periodo de evaluación. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de forraje, composición botánica y morfológica, área foliar por tallo y radiación interceptada. Las praderas no se fertilizaron, y en la época de seca se regaron por aspersión, durante 8 h, cada dos semanas.

El rendimiento de forraje por corte se determinó en dos cuadros fijos de 0.25 m² por parcela, seleccionados al azar al inicio del experimento. Se cosechó todo el forraje presente a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo y se depositó en bolsas de papel. El forraje cosechado se pesó en verde, se lavó y se secó en una estufa de circulación de aire forzado, a 55 °C, durante 72 h. Con los datos de peso seco se determinó el rendimiento de forraje (kg de MS ha⁻¹) en las diferentes frecuencias de corte y la acumulación total de forraje se obtuvo al sumar todos los muestreos realizados en cada estación del año.

Para las variables composición botánica y morfológica, del forraje cosechado para obtener el rendimiento de materia seca, se tomó una submuestra de aproximadamente 200 g, la cual se

Figura 1. Temperatura media mensual máxima y mínima y precipitación mensual durante el periodo de estudio

Figure 1. Average monthly high and low temperatures and monthly rainfall during the period of the experiment



(0 mm). The highest high temperature was recorded in June 2007, 32 °C, and the lowest low temperatures were recorded in November and December 2006 and January and February 2007, -3, -1, -1 and -1 °C, respectively. Soils are sandy loams, pH 7-8⁽¹⁰⁾.

An alfalfa pasture, established in October 2004 was used in the present study. Its area was divided into 16 plots, each measuring 9*7 m (63 m²), being every one of them an experimental unit. Treatments consisted of four cutting frequencies, 3, 4, 5 and 6 wk, in spring-summer and, 4, 5, 6 and 7 wk, in fall-winter distributed in a completely randomized block design with four replicates. A uniformity cut at 5 cm height was practiced immediately before starting the experiment. All plots were cut at this height throughout the experimental period. The following variables were assessed: herbage yield, botanical composition and morphology, leaf area per tiller and intercepted radiation. Plots were not fertilized and in the dry season were irrigated to field capacity with sprinklers every 2 wk.

Herbage yield in each cut was determined in two preset 0.25 m² squares in each plot, selected at random at the beginning of the experiment. All forage present at above 5 cm sward height was harvested and placed in paper bags. Afterwards forage was weighted fresh, washed and dried in a

separó en alfalfa y malezas. Posteriormente, la muestra de alfalfa, se separó en sus componentes morfológicos: hojas, tallos, inflorescencias y material muerto. Cada componente se secó en una estufa de circulación de aire forzado a 55 °C, durante 72 h. Para estimar la composición botánica y morfológica, se utilizó la fórmula siguiente: CB o CM= peso seco del componente x 100/ rendimiento de forraje, donde, CB= composición botánica y CM= composición morfológica.

Para determinar el área foliar por tallo, un día antes del corte, se cosecharon al azar cinco tallos a nivel del suelo, por repetición. Se separaron las hojas de los tallos y se midió su área con un integrador de área foliar marca LI COR, modelo LI-1856. Para estimar el área foliar promedio por tallo, el área foliar total, se dividió entre el número de tallos cosechados.

La radiación interceptada, se midió un día antes de cada corte. Para ello se tomaron al azar, en cada repetición, cinco lecturas de radiación en fotones, mediante un radiómetro lineal. Las lecturas se realizaron a las 1300 sobre la parte superior del dosel y a ras de suelo. Para el cálculo de radiación interceptada, se utilizó la fórmula siguiente: $RI = [(RT - RS) * 100] / RT$, donde RI= % de radiación interceptada, RT= radiación total en el dosel y RS= radiación a nivel de suelo.

Para comparar el efecto de tratamientos, se realizó un análisis de varianza con el procedimiento PROC MIXED de SAS⁽¹¹⁾, con un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey ajustada ($P < 0.05$)⁽¹²⁾.

Rendimiento de forraje

El rendimiento de forraje estacional y total varió por efecto de la frecuencia de corte ($P < 0.05$) (Cuadro 1). La mayor producción de forraje total acumulado se registró al cosechar cada 7 y 6 semanas, con 34,457 kg MS ha⁻¹ y presentó una distribución estacional de 31, 26, 23 y 20 % para verano, primavera, otoño e invierno, respectivamente; mientras que el menor rendimiento total acumulado (21,888 kg MS ha⁻¹) se obtuvo en las frecuencias

forced air stove at 55 °C for 72 h. Herbage yield was determined on a dry weight basis (DM kg ha⁻¹) for all cutting frequencies and total accumulated herbage was obtained by adding all the samples in each season.

For determining botanical and morphological composition, from the harvested herbage samples used for determining dry matter, a 200 g subsample was taken and alfalfa was separated from weeds. Afterwards, the alfalfa sample was divided into its morphological components: leaves, tillers, inflorescences and dead material. Each component was dried in a forced air stove at 55 °C for 72 h. The following formula was used for estimating botanical and morphological composition: Either BC or MC= dry weight of component * forage yield / 100, where BC= botanical component and MC= morphological component.

To determine leaf area per tiller one day before each cut, five tillers chosen at random were cut at ground level in each replicate. Leaves were taken apart from tillers and their area was measured with a LI-COR model LI-1856 leaf area meter, and average leaf area per tiller was estimated by dividing total leaf area by number of harvested tillers.

Intercepted radiation was measured the day before each cut. To that end, five readings were made at random in each replicate. Readings were taken at 1300 on both the top of the sward canopy and at ground level. The following formula was used for estimating intercepted radiation: $RI = [(RT - RS) * 100] / RT$; where RI= % intercepted radiation; RT= total radiation at top of canopy; and RS= total radiation at ground level.

Treatments were compared through a variance analysis using the PROC MIXED procedure of SAS⁽¹¹⁾, for a completely randomized block design with four replicates. Means were compared through Tukey's test at ($P < 0.05$)⁽¹²⁾.

Herbage yield

Seasonal and total herbage yield suffered changes with different cutting frequencies ($P < 0.05$) (Table 1). The greatest accumulated herbage yield

de 3 y 4 semanas, con una distribución estacional de 31, 27, 22 y 20 % para primavera, otoño, verano e invierno, respectivamente. Esta disminución en el rendimiento, probablemente se debió a un agotamiento de las reservas de carbohidratos en las plantas, al existir poco tiempo de recuperación entre intervalos de corte. Al respecto, varios autores^(7,13) han señalado que los cortes o pastoreos frecuentes ocasionan la rápida desaparición de las especies deseables por agotamiento de sus reservas de carbohidratos. Rivas *et al*⁽¹⁴⁾ al evaluar cinco variedades de alfalfa, con cortes a 4 semanas en primavera-verano, 5 semanas en otoño y 6 en invierno, registraron un rendimiento de forraje promedio anual de 32,132 kg de MS ha⁻¹ y una distribución de 31, 27, 22 y 20 % en verano, primavera, otoño e invierno, respectivamente. Otros autores⁽¹⁵⁾ al cosechar la alfalfa a 5 semanas en primavera-verano y 7 semanas en otoño-invierno, registraron rendimientos acumulados anuales inferiores a los del presente estudio, con promedios de 21.6, 21.4, 20.0 y 20.1 t MS ha⁻¹ para los cultivares Oaxaca, Tlacolula, Valencia y Moapa, respectivamente.

En este estudio se observó que el rendimiento anual de forraje fue 39 % menor cuando la alfalfa se cosechó a intervalos de corte de 4 y 3 semanas, en comparación a 6 y 7 semanas. Estos resultados muestran que las praderas de alfalfa son entes

was found at the 7 and 6 wk cutting frequencies, with 34,457 kg DM ha⁻¹, showing a 31, 26, 23 and 20 % distribution for summer, spring, fall and winter, respectively, while the lowest was recorded at the 4 and 3 wk cutting frequencies (21,888 kg DM ha⁻¹), with a 31, 27, 22 and 20 % distribution for spring, fall, summer and winter, respectively. This drop in yield was most probably due to collapse of carbohydrates reserves owing to a short recovery period. Several authors^(7,13) point out that frequent cutting or grazing causes a quick disappearance of desirable species due to exhaustion of their carbohydrate reserves. Rivas *et al*⁽¹⁴⁾ recorded a 32,132 kg DM ha⁻¹ average annual yield, presenting a 31, 27, 22 and 20 % distribution for summer, spring, fall and winter, respectively, when evaluating 5 alfalfa varieties with 4 wk cutting intervals in spring-summer, 5 wk in the fall and 6 wk in winter. Other authors⁽¹⁵⁾ recorded annual accumulated yields lower to those found in the present study, 21.6, 21.4, 20.0 and 20.1 t DM ha⁻¹ on average, when evaluating 5 wk cutting frequencies in spring-summer and of 7 wk in fall-winter, in Oaxaca, Tlacolula, Valencia and Mohapa alfalfa cultivars, respectively.

In the present study, annual average herbage yield was 39 % less when alfalfa was harvested at 4 and 3 wk cutting frequencies vs 6 and 7 wk. These results show that alfalfa pastures are dynamic bodies,

Cuadro 1. Rendimiento estacional y anual de forraje en alfalfa (kg MS ha⁻¹), cosechada a diferentes frecuencias de corte

Table 1. Total and seasonal herbage yield in alfalfa (kg DM ha⁻¹) harvested at different cutting frequencies

Cutting frequency (weeks)	Fall	Winter	Spring	Summer	Total
4-3	5,783 Bab	4,414 Bb	6,859 Ba	4,832 Cb	21,888 D
5-4	6,469 Bb	5,568 ABb	7,355 Bab	8,079 Ba	26,973 C
6-5	7,079 ABb	6,471 Ab	8,009 ABab	9,014 Ba	30,572 B
7-6	7,837 Abc	6,872 Ac	9,107 Aab	10,638 Aa	34,454 A
SE	234.7	254.8	249.2	289.5	

4-3, 5-4, 6-5, 7-6 = cutting frequencies at 4, 5, 6 y 7 wk in Fall – Winter and 3, 4, 5 y 6 wk in Spring - Summer.

Abc Different letters in the same row, indicate significant differences ($P < 0.05$).

ABC Different letters in the same column, indicate significant differences ($P < 0.05$).

SE= standard error.

dinámicos, donde la velocidad de rebrote de las plantas varía de acuerdo con la estación del año y manejo, y que para poder obtener el máximo potencial de producción del cultivo cada especie debe recibir un manejo estacional específico⁽¹⁵⁾. Independientemente de la frecuencia de corte, los menores rendimientos de forraje ocurrieron en invierno, probablemente como resultado de las menores temperaturas registradas en esta estación (Figura 1).

Composición botánica y morfológica

Los valores estacionales de composición botánica y morfológica de la alfalfa se presentan en la Figura 2. Se observó efecto de interacción ($P < 0.05$) entre frecuencias de corte y estación del año, en la proporción de hojas. Conforme aumentó el intervalo de corte, la contribución del tallo al rendimiento de forraje, fue mayor en todas las estaciones del año. Independientemente de la estación del año, el mayor porcentaje de hoja se registró en los cortes a 3 y 4 semanas. La mayor cantidad de hojas se obtuvo en invierno, con un valor promedio de 65 % ($P < 0.05$). En este tratamiento, se observó en primavera, un incremento en el porcentaje de malezas y una reducción en alfalfa. Al respecto, varios autores^(7,13) indicaron que con cortes frecuentes, se aumenta la calidad nutritiva del forraje, por presentar mayor porcentaje de hoja, sin embargo, las especies tienden a desaparecer rápidamente por el agotamiento de las reservas de carbohidratos, los cuales son trasladados de las raíces y base de tallos, a los meristemos de crecimiento remanentes. De tal forma que, los cortes frecuentes y severos, reducen considerablemente la cantidad de carbohidratos, ocasionando un lento rebrote de la pradera e invasión de malezas.

Conforme se reduce las frecuencias de corte, se incrementa la cantidad de tallos y material muerto (Figura 2). La mayor cantidad de material muerto se presentó en verano, con un valor promedio de 7 %. Se ha indicado que el forraje cosechado puede incrementarse al reducir las pérdidas por senescencia y muerte en la pradera, mediante estrategias adecuadas de manejo de la defoliación^(8,16). Asimismo, se observó, para todas las estaciones del año, que al disminuir la frecuencia de corte, se

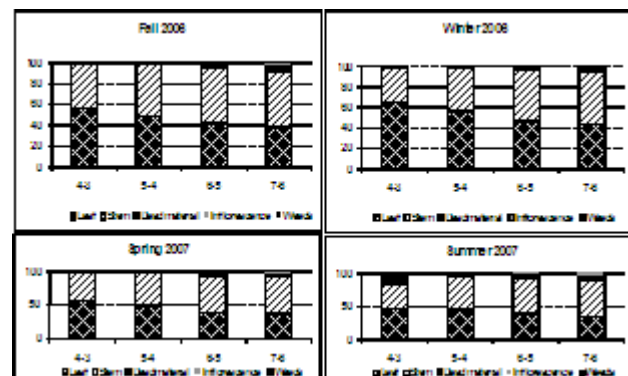
where regrowth speed changes in response to seasons and management and for maximum yields an adequate and specific management for each season should be applied⁽¹⁵⁾. Regardless of cutting frequency, the lowest herbage yield was observed in winter, probably due to the lowest temperatures usually recorded in that season (Figure 1).

Botanical and morphological composition

Seasonal data for these components are shown in Figure 2. An interaction effect ($P < 0.05$) was found between cutting frequency and season for leaf proportion. As cutting frequency increased stem contribution to herbage yield increased in all season of the year. Independently of the season of the year, the greatest leaf percentages were found in the 3 and 4 wk cutting frequencies. The highest leaf amount was found in winter, 65 % on average ($P < 0.05$). In spring, in this treatment, an increase in weed percentage was observed. Several authors^(7,13) comment that forage nutritive quality increases with frequent cuts, as leaf proportion increases; however, species tend to disappear rapidly due to exhaustion of carbohydrate reserves, which are translocated from roots and base of tillers to the remaining growth meristems. Therefore, frequent and severe cutting, considerably reduce carbohydrate

Figura 2. Cambios estacionales en la composición botánica y morfológica (%) de alfalfa, cosechada a diferentes frecuencias de corte

Figure 2. Seasonal changes in botanical and morphological composition (%) in alfalfa harvested at different cutting frequencies



incrementó la cantidad de inflorescencias, ya que la planta llega a su etapa reproductiva; no obstante, fue en el verano donde se registró la mayor cantidad de inflorescencias, probablemente por las condiciones óptimas de temperatura y humedad que favorecieron un mejor crecimiento^(14,17,18).

Área foliar por tallo

En el Cuadro 2 se muestran los valores promedios estacionales de área foliar por tallo. Se observó que hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre frecuencias de corte y estaciones del año. La mayor cantidad de área foliar por tallo ocurrió en verano en el corte a 5 semanas, con un valor promedio de 108 cm² tallo⁻¹, valor que fue similar ($P > 0.05$) al obtenido a 6 semanas (105 cm² tallo⁻¹) pero diferente y superior a los demás tratamientos ($P < 0.05$). Mientras que la menor área foliar (17 cm² tallo⁻¹) se presentó en invierno, en el intervalo de corte a 4 semanas ($P < 0.05$). Se observó que el área foliar por tallo, se incrementó conforme se redujo la frecuencia de corte ($P < 0.05$). Al respecto, se ha indicado que conforme se aumenta el IAF se incrementa la cantidad de luz interceptada, y con ello, la tasa de crecimiento^(17,18,19). Estudios realizados en alfalfa⁽⁶⁾ muestran que la mayor área foliar se registra cuando se cosecha a 6 y 8 semanas, en comparación con la cosecha a 4 semanas. Por tanto, los cortes frecuentes disminuyen la capacidad

content, causing slow regrowth and encouraging weed invasion.

As cutting frequency decreased, dead material and stem content increases (Figure 2). The highest dead material was found in summer, 7 % on average. It has been mentioned that herbage harvest can be increased by reducing plant senescence and death through an adequate defoliation management strategy^(8,16). Besides, it was seen that in all seasons when cutting frequency decreased, the number of inflorescences increased, as plants reach the reproductive stage. However, it was in summer that the higher number of inflorescences was recorded, probably due to favorable light and moisture conditions which favor growth and development^(14,17,18).

Leaf area per tiller

The seasonal average values for leaf area per tiller are shown in Table 2. A significant difference ($P < 0.05$) between cutting frequencies and seasons was found. The higher value of leaf area was observed in summer at 5 wk cutting frequency, 108 cm² tiller⁻¹, value similar ($P > 0.05$) to that recorded at 6 wk (105 cm² tallo⁻¹), but different and higher than all other treatments ($P < 0.05$), while the lower value (17 cm² tiller⁻¹) was recorded in winter at 4 wk cutting frequency ($P < 0.05$). Leaf area per tiller increases when cutting frequency decreases

Cuadro 2. Valores promedio estacionales de área foliar (cm²) por tallo de alfalfa, cosechada a diferentes frecuencias de corte

Table 2. Average seasonal values for leaf area per tiller (cm²) in alfalfa harvested at different cutting frequencies

Cutting frequency (weeks)	Fall	Winter	Spring	Summer	SE
4-3	24 Db	17 Dc	27 Db	34 Ca	1.56
5-4	36 Cc	28 Cd	43 Cb	82 Ba	5.31
6-5	60 Bc	38 Bd	72 Bb	108 Aa	6.53
7-6	69 Ac	48 Ad	87 Ab	105 Aa	5.48
SE	4.65	2.94	6.07	7.64	

4-3, 5-4, 6-5, 7-6 = cutting frequencies at 4, 5, 6 y 7 wk in Fall – Winter and 3, 4, 5 y 6 wk in Spring - Summer.

abc Different letters in the same row, indicate significant differences ($P < 0.05$).

ABC Different letters in the same column, indicate significant differences ($P < 0.05$).

SE= standard error.

de rebrote, la altura de la planta, su área foliar y rendimiento de forraje⁽¹⁹⁾.

Los mayores valores de área foliar por tallo (108 y 105 cm² tallo⁻¹) obtenidos a intervalos de 5 y 6 semanas en verano, correspondieron a los máximos rendimientos de forraje (9,014 y 10,638 kg MS ha⁻¹, respectivamente), registrados en la misma estación. En contraste, el menor valor de área foliar por tallo (17 cm²), obtenido a intervalos de corte de 4 semanas en invierno, correspondió al menor rendimiento de forraje (855 kg MS ha⁻¹), registrado en esa estación. Por tanto, se considera que para aumentar el rendimiento de materia seca por unidad de superficie es necesario incrementar el intervalo entre cortes^(8,14), hasta cuando se alcanza el máximo índice de área foliar (IAF)⁽²⁰⁾.

Radiación interceptada

La frecuencia de corte y estación del año tuvieron efecto significativo ($P < 0.05$) en la cantidad de radiación interceptada (Cuadro 3). Se observó que independientemente de la estación del año, los mayores porcentajes de radiación interceptada ocurrieron al cosechar la alfalfa cada 6 y 7 semanas, con un promedio anual de 90 %, mientras que los valores menores se registraron en los cortes a 3 y 4 semanas, con un promedio de 48 %. Estos resultados indican que los cortes frecuentes

($P < 0.05$). Relative to this, it has been mentioned that as the leaf area index (LAI) increases, the amount of intercepted light increased and therefore, the growth rate^(17,18,19). Studies carried out on alfalfa⁽⁶⁾ show that a higher leaf area is found when forage is harvested at 6 and 8 wk frequencies, when compared to harvest at 4 wk cutting frequencies. Therefore, frequent cutting decreases plant regrowth, plant height, leaf area and herbage yield⁽¹⁹⁾.

The greater leaf area per tiller values found in summer at 5 and 6 wk cutting frequencies (108 and 105 cm² tiller⁻¹, respectively) match the maximum yields recorded in that season (9,014 and 10,638 kg DM ha⁻¹, respectively). On the contrary, the lowest value for leaf area per tiller (17 cm²) found in winter at 4 wk cutting frequencies agrees with the lowest herbage yield (855 kg DM ha⁻¹) recorded for that season. Therefore, if dry matter yield is to be increased it is deemed necessary to increase the interval between cuts^(8,14), to a point where the highest LAI is reached⁽²⁰⁾.

Intercepted radiation

Cutting frequency and season had significant effects on the amount of intercepted radiation ($P < 0.05$) (Table 3). Regardless of season, the highest values for this feature were found at the 6 and 7 wk cutting frequencies, 90 % annual average, while

Cuadro 3. Valores promedio estacionales de radiación interceptada (%) por plantas de alfalfa, cosechadas a diferente frecuencia de corte

Table 3. Average seasonal values for intercepted radiation (%) in alfalfa harvested at different cutting frequencies

Cutting frequency (weeks)	Fall	Winter	Spring	Summer	SE
4-3	57 Da	50 Cb	47 Cb	36 Cc	1.97
5-4	70 Cbc	66 Bc	72 Bb	80 Ba	1.35
6-5	85 Bb	78 Ab	91 Aa	94 Aa	1.29
7-6	90 Ab	82 Ac	92 Aab	96 Aa	1.46
SE	3.35	3.30	4.79	6.16	

4-3, 5-4, 6-5, 7-6 = cutting frequencies at 4, 5, 6 y 7 wk in Fall – Winter and 3, 4, 5 y 6 wk in Spring - Summer.

abc Different letters in the same row, indicate significant differences ($P < 0.05$).

ABC Different letters in the same column, indicate significant differences ($P < 0.05$).

SE= standard error.

disminuyen el rendimiento de forraje, como consecuencia de una disminución en el área foliar, lo que impide a la planta alcanzar su IAF óptimo, que le permita obtener sus mayores tasas de crecimiento^(6,20,21). Al respecto Villegas *et al*⁽⁷⁾, consignaron que para obtener la máxima producción de forraje, la cosecha debe realizarse en la variedad Valenciana a 4, 4, 5 y 8 semanas y en la Oaxaca a 6, 4, 5 y 6 semanas en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente.

La mayor radiación interceptada ocurrió en verano, al cortar cada 6 semanas con 96 %. Se ha señalado⁽¹⁷⁾ que conforme se aumenta el IAF se incrementa la tasa de crecimiento de las plantas, y dicho crecimiento es máximo cuando casi toda la luz es interceptada; en este punto, el valor de IAF se denomina "IAF óptimo". Después de que se alcanza el IAF óptimo, las hojas basales no reciben suficiente luz, convirtiéndose en hojas amarillentas y senescentes, las cuales llegan a morir, y en tal caso, se puede tener un crecimiento neto negativo⁽²²⁾. Esta situación pudo presentarse con el intervalo de corte a 6 y 7 semanas durante el invierno y a 5 y 6 semanas en primavera-verano. En general, se observó que conforme se incrementó la frecuencia de corte, se redujo la radiación interceptada. Por tanto, estos resultados indican que los mayores rendimientos de forraje se obtienen con un índice de área foliar máximo, el cual ocurrió a las 5 y 6 semanas después de corte.

Se concluye que el rendimiento de forraje en alfalfa, área foliar por tallo y radiación interceptada por el dosel vegetal, se incrementan conforme se aumenta el intervalo entre cortes. La mayor cantidad de materia seca se obtuvo con la frecuencia de corte a 6 semanas durante primavera-verano y a las 7 semanas en otoño-invierno. Cortes frecuentes disminuyen el rendimiento de forraje, área foliar e incrementan la invasión de otras especies, por lo que no se recomienda cosechar la alfalfa a intervalos de tres semanas, debido a que se afecta la persistencia de la especie.

the lowest values were found at the 3 and 4 wk cutting frequencies, 48 % on average. These results indicate that frequent cuts diminish herbage yield in response to less leaf area, not allowing plants to reach neither their optimal LAI nor their greatest growth rates^(6,20). Relative to this point, Villegas *et al*⁽⁷⁾ mention that for obtaining a maximum herbage yield, harvest should be carried out in the Valenciana variety at 4, 4, 5 and 8 regrowth wk and in the Oaxaca variety at 6, 4, 5 and 6 wk cutting frequencies in spring, summer, fall and winter, respectively.

The greatest intercepted radiation value was recorded in summer at 6 wk cutting frequency, with 96 %. It has been pointed out that when LAI increases, so does the plant growth rate and also that growth is at its peak when all light is intercepted, and this point is known as "Optimal LAI". Beyond the optimal LAI, basal leaves do not receive enough light, turn yellow, age and even die and a negative growth rate can be achieved⁽²²⁾. This situation could have been possible in the present study in the 6 and 7 wk cutting frequencies in winter and in the 5 and 6 wk cutting frequencies in spring and summer. As a rule, it can be said that as cutting frequency increases, intercepted radiation decreases. Therefore, these results indicate that the greater herbage yields are obtained with the greatest leaf area, which was observed at 5 and 6 wk after cutting.

It is concluded that there was an increased in herbage yield, leaf area per tiller and radiation intercepted by the sward canopy of the alfalfa, as the cutting interval increased. The greatest dry matter amount was obtained at 6 wk cutting frequency in spring – summer and at 7 wk in fall –winter. Frequent cutting depress yield, leaf area and increase invasion by weeds, so a 3 wk cutting frequency cannot be recommend as persistence of this specie is endangered.

End of english version

LITERATURA CITADA

1. González SS. Improving utilization of poor quality forages with yeast culture. In: Lyons TP editor. Biotechnology in the Feed

Industry. Proceed Ninth Annual Symp: Nicholasville, Kentucky, USA. 1993:255-267.

2. Améndola MRD, Castillo GE, Martínez HPA. Pasturas y cultivos forrajeros. Organización para la Alimentación y la Agricultura [en línea]: <http://www.fao.org>. 2005. Consultado 16 Oct, 2008.

3. Hanson CH. Alfalfa. Science and Technology. American Society of Agronomy. Inc. Number 15. Serie Agronomy. 1972:812-815.
4. SAGARPA. Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera [en línea]: <http://www.siap.gob.mx/> 2006. Consultado 18 Jun, 2009.
5. Pérez BMT, Hernández GA, Pérez PJ, Herrera HJG, Barcena GR. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del pasto ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Téc Pecu Méx* 2002;(40):251-263.
6. Hernández-Garay A, Pérez PJ, Hernández GVA. Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. *Agrociencia* 1992;2:131-144.
7. Villegas AY, Hernández GA, Martínez HPA, Pérez PJ, Herrera HJG, López CC. Rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en dos calendarios de corte. *Rev Fitotecnia Mex* 2006;29(4):369-372.
8. Bouton JH. Alfalfa. Proceed of the XIX International Grassland Congress XIX. Sao Pablo, Brazil. 2001:545.
9. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4ª ed. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México; 1987.
10. Ortíz SC. Colección de Monolitos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 1997.
11. SAS. User's Guide. Statistics, Version 8. Sixth ed. Cary, North Carolina, USA: SAS Inst. Inc. 1999.
12. Steel RG, Torrie JH. Bioestadística: Principios y procedimientos. Martínez, BR (Trad) 2ª ed. México, DF: McGraw-Hill/Interamericana de México; 1988.
13. Valentine I, Matthew C. Plant growth, development and yield. In: White J, Hodgson J editors. *N Z Pasture Crop Sci.* Auckland, New Zealand: Oxford University Press;1999:11-27.
14. Rivas JMA, López CC, Hernández GA, Pérez PJ. Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Téc Pecu Méx* 2005;43(1):79-92.
15. Villegas AY, Hernández GA, Pérez PJ, López CC, Herrera HJ, Enriquez QJ, Gómez VA. Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Téc Pecu Méx* 2004;42(2):145-158.
16. Matthew PNP, Harrington KC, Hampton LG. Management of grazing systems. In: White J, Hodgson J editors. *N Z Pasture Crop Sci.* Ed. Auckland, New Zealand: Oxford University Press; 1999:323.
17. Horrocks RD, Vallentine JF. Harvested forages. London. USA: Academic Press; 1999.
18. Sage FR, Kubein SD. The temperature response of C₃ and C₄ photosynthesis. *Plant Cell Environ* 2007;30:1086-1106.
19. Salas BJE. Estado fisiológico óptimo de corte en alfalfa durante el verano y otoño [tesis maestría]. Edo. de México, México: Colegio de Postgraduados; 1998.
20. Chapman DF, Lemaire G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proceed XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. 1993:95-104.
21. Hernández-Garay A, Pérez PJ. Determinación del estado fisiológico óptimo de corte de alfalfa [resumen]. XIII Congreso nacional de manejo de pastizales. Aguascalientes, México. 1998:32.
22. Hodgson JG. Grazing management: Science into practice. Harlow, England: Longman Scientific & Technical; 1990.