

TRABAJO ORIGINAL**TASA DE ACUMULACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA EN DOS CULTIVARES DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) EN BALCARCE**

*Accumulation rate of the herbage mass of two cultivars of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in Balcarce*

PECE¹, M.A. Y CANGIANO², C.A.

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA Balcarce

RESUMEN

La tasa de acumulación de la biomasa aérea de alfalfa fue estudiada en Balcarce durante el segundo, tercer y cuarto ciclo productivo. Se evaluaron dos cultivares: Monarca SP-INTA (M, sin reposo invernal, grupo 8) y Victoria SP-INTA (V, con reposo invernal intermedio, grupo 6) sembrados en marzo de 1997. Se utilizó un diseño en parcelas divididas repetido en cuatro bloques. Los tratamientos experimentales se definieron como la combinación de cuatro momentos de cosecha (parcela principal) y dos cultivares (subparcela). La tasa de acumulación de la biomasa aérea (TA) se estimó a través de una metodología de cortes desfasados en el tiempo. Ambos cultivares siguieron un patrón bimodal en el segundo y tercer ciclo. En el segundo ciclo se obtuvieron picos máximos promedios de 92,0 y 66,3 kg materia seca (MS) ha⁻¹ día⁻¹ en primavera y otoño, respectivamente, con una gran disminución de TA en el verano, llegando a 18,7 kg MS ha⁻¹ día⁻¹. En el tercer ciclo, nuevamente se produjeron los picos máximos en primavera y otoño con 64,3 y 71,4 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, respectivamente y la disminución en el verano con 37,5 kg MS ha⁻¹ día⁻¹. Estas disminuciones de TA en el verano fueron debidas al bajo ingreso por agua de lluvia. En ambos ciclos, la TA mínima se produjo en invierno con valores promedios de 12,6 y 5,5 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ en el segundo y tercer ciclo, respectivamente. En el cuarto ciclo, el patrón fue unimodal con un máximo en primavera de aproximadamente 66,5 kg MS ha⁻¹ día⁻¹. La TA sólo presentó diferencias significativas (p<0,05) a favor de M en otoño-invierno del segundo y tercer ciclo, aunque las mismas se consideran de escasa magnitud. TA mostró importantes variaciones dentro y entre ciclos.

Palabras clave: alfalfa, *Medicago sativa*, tasa de acumulación, grado de reposo.

SUMMARY

The accumulation rate of the herbage mass of alfalfa was studied during the second, third and fourth cycle in Balcarce. Two cultivars were evaluated: Monarca SP-INTA (M very winter

Recibido: 21 de noviembre de 2002

Aceptado: 11 de marzo de 2003

1. Facultad de Ciencias Agrarias, UNR. C.C. 14 (2123) Zavalla, Santa Fe. E-mail: mpece@agatha.unr.edu.ar

2. INTA EEA, Balcarce. C.C. 276 (7620) Balcarce, Buenos Aires. E-mail: ccangiano@balcarce.inta.gov.ar

nondormant) and Victoria (V intermediate winter dormancy) sown in March 1997. A split-plot design repeated in four blocks was used. The treatments were determined as the arrangement of four series (main plot) and two cultivars (split plot). The accumulation rate of the herbage mass of alfalfa (AR) was estimated by cutting of the series in staggered sequence on time. Both cultivars followed a bimodal pattern in the second and third cycle. In second cycle, the AR reached a maximum of 92.0 and 66.3 kg dry matter (DM) ha⁻¹ day⁻¹ in spring and autumn, respectively, which decreased to 18.7 kg DM ha⁻¹ day⁻¹ in summer. In third cycle, again it reached a maximum in spring and autumn of 64.3 and 71.4 kg DM ha⁻¹ day⁻¹, respectively and a minimum in summer of 37.5 kg DM ha⁻¹ day⁻¹. The minimum of AR in summer was due to low rainfall. The minimum accumulation rate were recorded in winter about 12.6 and 5.5 kg DM ha⁻¹ day⁻¹ in second and third cycle, respectively. In fourth cycle, the pattern was unimodal with a maximum of 66.5 kg DM ha⁻¹ day⁻¹ in spring. The AR in M was higher than in V ($p < 0.05$) in autumn and winter in second and third cycle, but of small magnitude. AR was highly variable within and among cycle.

Key words: alfalfa, *Medicago sativa*, herbage accumulation rate, winter dormancy.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la principal especie forrajera de la Región Pampeana argentina y el sudeste de la provincia de Buenos Aires, con suelos de aptitud agrícola, presentaría las condiciones adecuadas para su cultivo. La elección de un cultivar implica características tales como: reposo invernal (predeterminado), resistencia a plagas y enfermedades (desarrollada), producción de materia seca y persistencia (no siempre disponible para todas las condiciones agroclimáticas). La mayoría de los cultivares que se utilizan en el país se encuentran entre los grupos 6 a 9 mientras los grupos 4 y 5 son utilizados en la región patagónica y centro sur de la región pampeana (Rosanigo, Spada y Bruno, 1995).

En los sistemas de producción animal, cuya base de alimentación son las pasturas naturales o artificiales, la planificación forrajera incluye la toma de decisiones en el mediano plazo, como receptividad y presupuestación forrajera, para lo cual es imprescindible contar con las tasas de acumulación de las pasturas (Galli, 1997).

La mayor parte de la información sobre acumulación de biomasa aérea en alfalfa en nuestro país corresponde a los resultados de ensayos bajo cortes intermitentes a partir de un único momento de cosecha según estado

fenológico o fecha fija para cada cultivar (metodología de cortes no desfasados en el tiempo), realizados en distintas localidades (Spada, 1991-1999). Spada y Robledo (1995), al analizar la información de producción total obtenida en los ensayos mencionados, señalan la necesidad de evaluar los cultivares en las distintas áreas de cultivo de alfalfa.

Aunque ésta es una metodología simple de realizar, no es la más adecuada para estimar la tasa de acumulación de la biomasa aérea (TA) de distintos cultivares, en comparación con la metodología de cortes desfasados en el tiempo y una misma fecha de corte (Anslow y Green, 1967). Este método asegura el registro frecuente y permite la obtención de curvas suavizadas sensibles a diferencias entre cultivares y no a fluctuaciones temporales (Corrall y Fenlon, 1978).

La biomasa acumulada en alfalfa en un momento está dada por la época del año y la longitud del período de rebrote (Baars, Douglas, Knight y Janson, 1990), siendo la primera la determinante de TA. Una misma fecha de corte para los cultivares en evaluación aseguraría que la acumulación se produzca bajo idénticas condiciones meteorológicas.

La estimación de TA, a través de la metodología propuesta por Anslow y Green (1967), ha sido evaluada en cultivares de alfalfa de distinto reposo invernal en Manfredi

(Cangiano, 1979) y en Rafaela (Bruno, León, Romero y Quaino, 1989; Romero y Bruno, 1991). En Balcarce, Santini, Gonzalez y Arosteguy (1975) también aplicaron la misma metodología en un cultivar no identificado. De estos trabajos, solo Bruno y otros (1989) plantean un análisis estadístico, aunque referido a datos promedios por estación.

Evaluando la tasa de acumulación, a través de la metodología de cortes no desfasados, Cangiano y Pozzo (1980) sugieren diferencias no tan claras, Spada e Hijano (1985), indican una diferencia marcada entre un cultivar de reposo invernal intermedio y uno sin reposo y Bertín (1999) las plantea por estaciones y en todos los casos las diferencias son presentadas gráficamente.

Dado que la alfalfa es una especie perenne ampliamente utilizada en los sistemas de producción de nuestro país y específicamente en Balcarce ha demostrado en los últimos años tener un alto potencial de producción (Cangiano, 1997) se plantea un análisis de la tasa de acumulación de la biomasa aérea a través de tres ciclos de dos cultivares de alfalfa con distinto reposo invernal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se llevó a cabo en la EEA INTA Balcarce (37° 45' L.S., 58° 18' L.O.; 130 m.s.n.m.), Buenos Aires, Argentina sobre un suelo caracterizado como Argiudol típico (Serie Tandil) con inclusiones de Paleudol petrocálcico (Serie El cruce), con un pH de 5,5 y P de 30,6 ppm. El clima es subhúmedo – mesotermal (Thornwaite, 1984), con un ligero déficit hídrico durante los meses de diciembre a marzo.

Se analizaron dos cultivares de alfalfa (**Medicago sativa** L.): Monarca SP-INTA (M, sin reposo invernal grupo 8) y Victoria SP-INTA (V, con reposo invernal intermedio grupo 6). Se utilizó un diseño en parcelas divididas repetido en cuatro bloques. Los tratamientos experimentales se definieron como la combinación de cuatro momentos de cosecha (series) y dos

cultivares (M y V). El ensayo se realizó sobre 32 parcelas (2 cultivares, 4 series y 4 bloques) sembradas en líneas a 20 cm en marzo de 1997.

El período experimental abarcó el segundo (1998-99), tercero (1999-00) y cuarto ciclo (2000-01) del cultivo. El rendimiento del primer ciclo productivo, manejado por medio de cortes según el estado de desarrollo de cada cultivar, fue 22.356 kg MS ha⁻¹ y 23.417 kg MS ha⁻¹ con una cobertura final de 92 y 91% en M y V, respectivamente.

La TA fue estimada por la metodología propuesta por Corral y Fenlon (1978), que se describe brevemente a continuación. El 9 de junio de 1998 se inició el experimento con el corte de todas las parcelas. El 3 de agosto se cortó la serie 1 iniciando el desfasaje entre series. Los cortes se realizaron tratando de respetar una frecuencia de aproximadamente 35 y 56 días en épocas de altas y bajas temperaturas, respectivamente (Gramshaw, Lowe y Lloyd, 1993) para que no quedaran largos períodos del ciclo sin estimaciones y se afectara la precisión de la curva. Para controlar el efecto fecha, ambos cultivares se cortaron en el mismo momento. Las parcelas eran de 4 x 1 m y los cortes de las mismas se realizaron con motosegadora a una intensidad de 3 cm. El forraje fue pesado con una balanza tipo dinamómetro e inmediatamente se extrajo una alícuota de aproximadamente 300 g que fue secada en estufa con circulación forzada de aire a 60 °C durante 24 hs hasta peso constante.

La TA, expresada en materia seca (MS) para cada serie (TAs, kg MS ha⁻¹ día⁻¹), se estimó como el cociente entre la biomasa aérea por parcela y la duración del período desde el último corte. Dicha TAs se asignó a una fecha media entre ambos cortes. Se estimaron las TA promedio (kg MS ha⁻¹ día⁻¹) promediando cuatro TAs consecutivas, correspondiéndose cada TA con la fecha media obtenida a partir de las dos fechas de corte extremas de las series incluidas en el promedio respectivo. Tres de los cuatro valores de la media móvil son comunes en tasas promedio contiguas.

La cobertura del suelo fue estimada, al inicio y al final del período experimental, en cada parcela a partir del registro de los espacios vacíos, equivalentes a 15 cm o más, a lo largo de la línea de siembra y calculando el porcentaje en base a los metros lineales sembrados. La persistencia (%) fue estimada como la relación entre (cobertura final/cobertura inicial) x 100.

Las precipitaciones mensuales se obtuvieron de la Estación Meteorológica ubicada en las proximidades del experimento.

Para el procesamiento de los datos se utilizó el procedimiento ANOVA (SAS Institute, Inc. 1996).

RESULTADOS

Las precipitaciones mensuales de los años en los que se desarrolló el trabajo y sus valores promedio de 26 años (1971-1997), se presentan en el Cuadro 1. Las precipitaciones en los años 1998 y 1999 representaron 86 y 74%, respectivamente, del promedio registrado en el período 1971-1997, mientras que en el 2000 y 2001 los registros superaron el promedio del mismo período en un 11 y 35%, respectivamente.

La cobertura del suelo, al comienzo del período experimental, fue de 92,3 y 92,6% en M y V, respectivamente, al final fue de 81,8 y

80,6% en M y V, respectivamente y no presentó diferencias significativas en ninguno de los momentos registrados. La persistencia fue alta, alcanzando valores de 88 y 90% en M y V, respectivamente.

Las tasas de acumulación de la biomasa aérea de M y V para los tres ciclos evaluados fueron obtenidas con un intervalo promedio de 12 días (Cuadros 2, 3 y 4), si bien la frecuencia de defoliación promedio dentro de cada serie fue de 40, 37, 56 y 81 días en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente (datos no presentados).

Ciclo 1998-1999

Los cultivos presentaron un patrón de tasa de acumulación de la biomasa aérea bimodal, con un pico en primavera (90,3 y 93,7 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ para M y V, respectivamente) y otro en otoño (67,4 y 65,2 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ para M y V, respectivamente). A partir de la fecha 11/11 se produjo una desaceleración de la TA llegando hasta tasas mínimas de 19,9 y 17,5 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ para M y V, respectivamente. A fines del otoño M alcanzó su menor tasa de acumulación en la fecha 8/6 con un valor de 14,1 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ mientras V lo hizo el 15/6 con 11,1 kg MS ha⁻¹ día⁻¹. La tasa de acumulación de la biomasa aérea sólo presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) a favor de M en seis fechas correspondientes a las estaciones otoño-invierno (Cuadro 2).

CUADRO 1: Precipitación mensual (valores para el período 1971-1997 y para los años que abarcó el período experimental).

Table 1: Mensual rainfall (values for period 1971 – 1997 and years experimental period).

	Precipitación mensual (mm)												Total
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1971/1997	110,4	82,8	80,6	79,1	67,6	50,6	49,3	44	51,7	102	88,1	117,2	923,4
1998	123,8	49,5	23,6	331,8	43,5	10,4	7,7	11,1	98,8	16	42,9	33,4	792,4
1999	44,7	29,2*	94,9	41,3	52,2	17,6	136,5	38,6	73,5	65,8	49,9	65,6	680,6
2000	122	224,5	163,9	48	42	82,2	14,6	52,2	61	96,5	34,6	83,3	1024,8
2001	119,2	119,3	105,8	47,6	68,6	66,1	25,9	118,4	103,4	156,4	197,7	122,5	1250,9

* incluye 19 mm incorporados por riego el día 24/2/99.

CUADRO 2: Tasa de acumulación de la biomasa aérea promedio de alfalfa Monarca SP-INTA (M) y Victoria SP-INTA (V) en 1998-1999. Valores expresados a través de las medias aritméticas y el desvío estándar.

Table 2: Means accumulation rate of the herbage mass of the two cultivars of the alfalfa: Monarca SP-INTA (M) and Victoria SP-INTA (V) in 1998-1999. Values expressed through means and standard deviation.

Fecha media ⁽¹⁾	Cultivar	
	M	V
	kg MS ha ⁻¹ día ⁻¹	
18/9/98	70,5 ± 15,2	71,0 ± 15,1
3/10/98	82,2 ± 18,8	84,7 ± 20,4
14/10/98	90,3 ± 17,9	92,3 ± 17,4
25/10/98	90,3 ± 18,5	93,7 ± 16,4
11/11/98	89,1 ± 22,6	90,1 ± 22,2
20/11/98	77,3 ± 25,5	75,9 ± 22,2
28/11/98	63,6 ± 27,9	62,5 ± 23,7
6/12/98	51,3 ± 30,7	47,8 ± 25,2
17/12/98	35,5 ± 21,7	33,6 ± 16,9
23/12/98	25,6 ± 16,0	23,5 ± 12,8
3/1/99	21,6 ± 8,2	19,0 ± 7,6
12/1/99	20,5 ± 7,2	18,3 ± 7,0
21/1/99	19,9 ± 6,6	17,5 ± 5,5
29/1/99	21,5 ± 5,9	20,0 ± 4,7
11/2/99	28,8 ± 15,8	26,5 ± 12,3
18/2/99	40,7 ± 22,7	40,6 ± 25,5
23/2/99	57,2 ± 25,0	55,6 ± 24,4
7/3/99	67,4 ± 15,2	65,2 ± 16,1
30/3/99	59,4 ± 25,6	57,7 ± 27,4
6/4/99	46,7 ± 30,0	42,7 ± 28,4
12/4/99	30,4 ± 20,6	28,2 ± 21,0
25/4/99	18,4 ± 2,9	16,3 ± 2,9 **
1/6/99	15,3 ± 4,7	13,7 ± 5,8 **
8/6/99	14,1 ± 4,3	11,9 ± 5,4 **
15/6/99	14,2 ± 4,4	11,1 ± 4,1 **
6/7/99	15,5 ± 5,3	11,9 ± 5,1 **
1/8/99	24,9 ± 13,2	22,5 ± 15,7 **
9/8/99	34,5 ± 16,2	34,1 ± 20,2
13/8/99	46,2 ± 18,0	45,9 ± 19,3
17/9/99	56,8 ± 10,3	58,5 ± 11,6

** nivel de significancia 0,01. ⁽¹⁾ n = 32 para cada fecha.

CUADRO 3: Tasa de acumulación de la biomasa aérea promedio de alfalfa Monarca SP-INTA (M) y Victoria SP-INTA (V) en 1999-2000. Valores expresados a través de las medias aritméticas y el desvío estándar.

Table 3: Means accumulation rate of the herbage mass of the two cultivars of the alfalfa: Monarca SP-INTA (M) and Victoria SP-INTA (V) in 1999-2000. Values expressed through means and standard deviation.

Fecha media ⁽¹⁾	Cultivar	
	M	V
	kg MS ha ⁻¹ día ⁻¹	
10/10/99	60,1 ± 9,5	60,8 ± 11,4
16/10/99	62,9 ± 8,2	63,2 ± 11,4
23/10/99	61,9 ± 8,1	64,1 ± 10,2
11/11/99	63,2 ± 9,1	65,3 ± 11,7
25/11/99	57,2 ± 15,6	59,9 ± 16,8
1/12/99	49,3 ± 17,9	52,5 ± 18,4
6/12/99	44,1 ± 16,3	46,8 ± 17,0
18/12/99	38,9 ± 8,9	41,5 ± 8,5
1/1/00	36,5 ± 10,5	38,4 ± 11,9
7/1/00	38,7 ± 10,1	38,7 ± 11,7
13/1/00	42,8 ± 13,6	41,4 ± 13,2
25/1/00	45,6 ± 15,3	42,3 ± 14,0
6/2/00	57,8 ± 13,9	56,4 ± 15,6
14/2/00	65,2 ± 10,9	65,9 ± 13,7
20/2/00	70,7 ± 12,2	69,9 ± 11,8
3/3/00	71,5 ± 11,6	71,2 ± 9,7
13/3/00	62,5 ± 17,9	61,5 ± 15,4
21/3/00	53,3 ± 20,6	51,1 ± 15,4
29/3/00	41,8 ± 13,2	40,7 ± 13,1
12/4/00	32,7 ± 6,9	31,1 ± 7,9
2/5/00	24,9 ± 12,3	22,4 ± 11,6
13/5/00	17,6 ± 13,3	14,8 ± 11,0 *
26/5/00	10,7 ± 9,2	8,6 ± 8,4 *
22/6/00	6,2 ± 2,2	4,7 ± 2,1 **
19/7/00	7,6 ± 3,5	7,1 ± 5,4
3/8/00	12,9 ± 8,4	13,9 ± 11,6
19/8/00	21,1 ± 13,3	22,6 ± 13,7
18/9/00	29,8 ± 13,3	32,9 ± 13,1 *
6/10/00	37,6 ± 10,9	40,3 ± 8,7

* nivel de significancia 0,05. ** nivel de significancia 0,01. ⁽¹⁾ n= 32 para cada fecha.

Ciclo 1999-2000

Nuevamente los cultivares presentaron un patrón de tasa de acumulación de la biomasa aérea bimodal, con un pico en primavera (63,2 y 65,3 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ para M y V, respectivamente) y otro en otoño de 71,5 y

71,2 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ para M y V, respectivamente. A partir del pico de primavera se produjo una desaceleración de la TA llegando hasta tasas mínimas de 36,5 y 38,4 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ para M y V, respectivamente. A fines de otoño-principios de invierno, ambos cultivares presen-

taron su menor tasa de acumulación en la fecha 22/6 con 6,2 y 4,7 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ para M y V, respectivamente. La tasa de acumulación de la biomasa aérea sólo presentó diferencias significativas en cuatro fechas ($p < 0,05$ y $0,01$) a favor de M correspondientes a las estaciones otoño-invierno (Cuadro 3).

Ciclo 2000-2001

Los cultivares presentaron un patrón unimodal con un pico en primavera de 64,7 y 68,4 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ para M y V, respectivamente, correspondiente a la fecha 25/11. A

partir de esta fecha se produjo una desaceleración de la TA llegando a tasas mínimas (10,7 y 10,1 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ para M y V, respectivamente) en la fecha 23/4 que representa el final del ensayo. La tasa de acumulación de la biomasa aérea no presentó diferencias significativas en ninguna de las fechas correspondientes al ciclo analizado (Cuadro 4).

En los tres ciclos, la interacción serie-cultivar (ser*cv) fue significativa en solo seis fechas medias, por lo que se realizó un análisis por serie. Hubo diferencia significativa a favor de M en la mayoría de las series (datos no presentados).

CUADRO 4: Tasa de acumulación de la biomasa aérea promedio de alfalfa Monarca SP-INTA (M) y Victoria SP-INTA (V) en 2000-2001. Valores expresados a través de las medias aritméticas y el desvío estándar.

Table 4: Means accumulation rate of the herbage mass of the two cultivars of the alfalfa: Monarca SP-INTA (M) and Victoria SP-INTA (V) in 2000-2001. Values expressed through means and standard deviation.

Fecha media ⁽¹⁾	Cultivar	
	M	V
	kg MS ha ⁻¹ día ⁻¹	
19/10/00	45,9 ± 11,6	48,3 ± 12,1
2/11/00	52,7 ± 14,5	55,0 ± 12,2
16/11/00	61,3 ± 17,8	64,9 ± 18,4
25/11/00	64,7 ± 16,8	68,4 ± 16,2
5/12/00	63,8 ± 17,2	65,7 ± 17,5
15/12/00	59,0 ± 18,2	59,2 ± 21,6
22/12/00	55,7 ± 13,6	54,4 ± 16,3
29/12/00	52,8 ± 13,5	50,4 ± 15,6
6/1/01	47,4 ± 15,9	46,6 ± 16,4
15/1/01	43,9 ± 17,0	44,3 ± 17,6
27/1/01	33,9 ± 14,2	33,0 ± 11,1
2/2/01	26,8 ± 11,1	25,9 ± 11,0
9/2/01	23,1 ± 9,8	21,7 ± 8,3
23/2/01	21,6 ± 7,9	20,8 ± 6,5
6/3/01	23,8 ± 8,6	22,9 ± 7,5
12/3/01	24,5 ± 7,3	23,9 ± 6,5
23/3/01	23,1 ± 8,7	21,7 ± 8,5
6/4/01	18,5 ± 9,5	17,5 ± 9,3
23/4/01	10,7 ± 7,3	10,1 ± 6,8

⁽¹⁾ n = 32 para cada fecha.

DISCUSIÓN

En el presente trabajo, exceptuando algunas fechas correspondientes al otoño - invierno, no hubo diferencias significativas en la TA entre M y V. Ambos cultivares presentaron en el segundo y tercer ciclo una curva bimodal de acumulación con picos en noviembre - diciembre y en febrero - marzo con un mínimo en verano y otro en invierno y una curva unimodal en el cuarto ciclo con un pico en noviembre - diciembre.

La curva en el segundo ciclo fue semejante a la obtenida en Balcarce por Santini y otros (1975) con picos en noviembre y febrero de 90 y 50 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, respectivamente. En nuestro país, estas curvas se presentan normalmente en condiciones de secano cuando las lluvias no alcanzan a cubrir las demandas del cultivo. Con la aplicación de riego (Hoglund, 1974 citado por Douglas 1986; Bertín, 1997, 1998; Hansen, 2002) o bien con lluvias suficientes (Cangiano, 2002) el modelo de acumulación se modifica en unimodal, con una mayor acumulación en los meses de diciembre, enero y febrero (Bertín, 1997) u octubre, noviembre, diciembre y enero (Cangiano, 2002). Para estos cuatro meses, el ingreso por agua de lluvia fue de 137, 303,3 y 333,6 mm para el segundo, tercer y cuarto ciclo, respectivamente, mientras en el período 1971- 1997 se registraron 417,7 mm. La disminución de la TA en el verano del segundo y tercer ciclo reflejaría un déficit de agua, en acuerdo con lo obtenido por Evans y Peadar (1984), ya que la temperatura, que podría tener un efecto negativo si supera los 35°C (Bula y Massengale, 1972; McKenzie, Paquin y Duke, 1988), estuvo dentro de un rango óptimo. En el segundo ciclo la mayor disminución de la TA en verano (con un mínimo de 19 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ comparado con los 37 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ obtenidos en el tercer ciclo) estaría explicada por el menor ingreso por agua de lluvia (33% de lo registrado en el período 1971-1997). En esta estación, tanto la temperatura media como la radiación incidente alcanzan sus valores máximos; por lo tanto, se

esperaría obtener las mayores TA. Una restricción en el desarrollo de la altura y probablemente también del área foliar (Duru y Langlet, 1995) en respuesta al bajo aporte de agua por lluvias, es probable que haya afectado negativamente la eficiencia de intercepción de la radiación, en un momento en que la radiación fotosintéticamente incidente es máxima (Pece, 2000), lo que explicaría los bajos valores de TA obtenidos.

En el cuarto ciclo, el mayor ingreso por agua de lluvia (en relación a los ciclos anteriores; 80% de lo registrado en el período 1971-1997) explicaría la unimodalidad, que estuvo marcada por una TA máxima promedio en primavera para ambos cultivares de 66,5 kg MS ha⁻¹ día⁻¹.

La población de plantas y la producción de forraje declina con la edad y esta disminución está asociada con el efecto de las enfermedades, las condiciones ambientales y el manejo de la cosecha. Probablemente en este ensayo la alta persistencia de los cultivares contribuyó a que las TA estimadas en el último ciclo evaluado no sean tan bajas a pesar de la edad.

Los resultados obtenidos indicarían que la precipitación fue determinante de la TA en el verano, lo que concuerda con Baars, Radcliffe y Brunswick (1975); Cangiano (1979) y Pece (2000).

La TA presentó diferencias significativas a favor de M en otoño e invierno evidenciando el mayor reposo, en concordancia con Bruno y otros (1989) y Romero y Bruno (1991). Sin embargo, la magnitud de esta diferencia fue escasa tanto en el segundo como en el tercer ciclo. A diferencia de lo planteado por Elliott, Johnson y Schonhorst (1972) y Rossanigo y otros (1995), no se obtuvieron diferencias significativas en TA entre los cultivares a fines del invierno ni en el inicio de la primavera.

Las TA alcanzadas en primavera - verano fueron muy variables entre ciclos, dándose los mayores valores en el segundo ciclo y disminuyendo en los ciclos sucesivos, en coincidencia con Cangiano (1979) y Sheaffer, Wiersma,

Warnes, Rabas, Lueschen y Ford (1986). En las estaciones mencionadas no hubo diferencias significativas entre los cultivares en la TA. Esta similitud podría estar explicada por la compensación entre el número de tallos y el peso por tallo, de acuerdo con Pece (2000) quien obtuvo para M menos tallos pero más pesados mientras que para V tuvo mayor número de tallos pero más livianos.

Por el contrario, Cangiano (1979), Bruno y otros (1989) y Romero y Bruno (1991), en primavera y verano han registrado diferencias en TA entre cultivares sin reposo y con reposo intermedio, pero no hay concordancia entre las mismas. En estos tres trabajos, por el hecho de haber cosechado a cada cultivar según su estado de desarrollo o por cortes a fechas fijas, corresponde plantear si las diferencias que se señalaron en las TA son una consecuencia de las distintas condiciones ambientales o propias del manejo aplicado.

En el presente trabajo, al cortar los cultivares a una misma fecha, si bien se favorecieron las mismas condiciones ambientales, algún cultivar pudo ser cortado más anticipada o tardíamente que otro pudiendo afectar su respuesta. Pece (2000) utilizando esta misma metodología de cortes y cultivares no encontró diferencias significativas en el estado fenológico entre ellos. Por otro lado, a partir de la información brindada por Cangiano (1992 a,b) de ensayos de cultivares cortados según el estado de desarrollo, Pece (2000) muestra que las diferencias de las TA en M y V parecerían no ser tan marcadas para la localidad de Balcarce. En base a este antecedente y a los resultados del presente trabajo, M y V presentarían TA muy similares con distintos criterios de corte, aunque esta aseveración requiere de mayor información. La similitud en las tasas de acumulación entre ambos cultivares permite suponer que las variaciones dentro y entre años fueron debidas a las condiciones meteorológicas imperantes.

CONCLUSIONES

Las diferencias de TA entre cultivares fueron de menor importancia que las diferencias dentro y entre ciclos. Los resultados sugieren que la lluvia cumplió un rol modulador. El cultivar sin reposo invernal solo tuvo mayores TA en otoño-invierno que el cultivar con reposo intermedio, aunque la diferencia fue de escasa magnitud y relevancia para su uso con fines prácticos, de manera que la elección de uno u otro cultivar no debería basarse en ésta característica. Ya que en los cultivares evaluados la persistencia y la resistencia a plagas y/o enfermedades también son semejantes, otras características como el número de tallos o la relación hoja:tallo podrían adquirir importancia al momento de elegir.

BIBLIOGRAFÍA

- ANSLOW, R.C. y GREEN, J.O. 1967. The seasonal growth of pasture grasses. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 68: 109-122.
- BAARS, J.A., RADCLIFFE, J.E. y BRUNSWICK, L. 1975. Seasonal distribution of pasture production in New Zealand. VI. Wairakei, pasture and lucerne production. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 3: 253-258.
- , DOUGLAS, J.A., KNIGHT, T. y JANSON, C.G. 1990. Growth rates and relationships between weather and growth rates for lucerne (*Medicago sativa* L.) in Canterbury and the Rotoura-Taupo region. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 52: 45-49.
- BERTIN, O.D. 1997. La producción de forraje de alfalfa bajo riego en el norte de la provincia de Buenos Aires. In: Seminario de riego. INTA-EEA Balcarce. Mar del Plata. 25 y 26/9/97. pp. 79-85.
- 1998. Producción de forraje de alfalfa con y sin riego en el norte de la provincia de Buenos Aires. *Revista de Tecnología Agropecuaria*. INTA-EEA Pergamino. pp. 27-29.

- , 1999. Producción de forraje y persistencia de la alfalfa. Novedades en forrajeras. Producción, calidad y mejoramiento. *In*: Jornada a campo. INTA-EEA Pergamino. Pergamino. 29/10/99. pp. 11-19.
- BRUNO, O.A., LEON, R.J., ROMERO, L.A. y QUAINO, O.R. 1989. Varieties evaluation of lucerne (**Medicago sativa**) with different winter dormancy class. Proc. XVI. International Grassland Congress. Nice, France. p. 463.
- BULA, R.J. y MASSENGALE, M.A. 1972. Environmental physiology. *In*: Hanson, C.H. (ed.) *Alfalfa Science and Technology*. Agronomy 15: 167-184.
- CANGIANO, C.A. 1979. Producción estacional de materia seca en variedades de alfalfa. INTA-EEA Manfredi. Información Técnica N° 86. p. 23.
- y POZZO, L.A. 1980. Comportamiento de cultivares de alfalfa en Manfredi. INTA-EEA Manfredi. Información Técnica N° 88. p. 23.
- , 1992a. Producción por cortes y anual de materia seca (tn MS ha⁻¹) y % de cobertura de cultivares de alfalfa de los grados de reposo 6 – 7 (CARI/90) pág. 11. *In*: Spada, M.C. Avances en alfalfa. Ensayos territoriales. INTA-EEA Manfredi. Año 2. N° 2. p. 35.
- , 1992b. Producción por cortes y anual de materia seca (tn MS ha⁻¹) y % de cobertura de cultivares de alfalfa de los grados de reposo 8 – 9 (CASR/90) pág. 21. *In*: Spada, M.C. Avances en alfalfa. Ensayos territoriales. INTA-EEA Manfredi. Año 2. N° 2. p. 35.
- , 1997. Cultivares de alfalfa. Período 1991-96. Rendimiento de forraje y persistencia en Balcarce. INTA-EEA Balcarce. Boletín Técnico N° 144. p. 12.
- , 2002. Planificación y evaluación forrajera. *In*: C.A. Cangiano, Manual de Alfalfa, Capítulo 8, CD ROM, Ediciones INTA, EEA Balcarce.
- CORRALL, A.J. y FENLON, J.S. 1978. A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 91: 61-67.
- DOUGLAS, J.A. 1986. The production and utilization of lucerne in New Zealand. Review paper. *Grass and Forage Science* 41: 81-128.
- DURU, M. y LANGLET, A. 1995. Croissance de repousses de luzerne et de dactyle en conditions sèches et irriguées. II-modélisation. *Agrochimica* XXXIX: 111-122.
- ELLIOTT, F.C., JOHNSON, I.J. y SCHONHORST, M.H. 1972. Breeding for forage yield and quality. *In*: Hanson, C.H. (ed.) *Alfalfa Science and Technology*. ASA Inc., Madison, Wisconsin. pp. 319-333.
- EVANS, D.W. y PEADEN, R.N. 1984. Seasonal forage growth rate and solar energy conversion of irrigated vernal alfalfa. *Crop Science* 24: 981-984.
- GALLI, J.R. 1997. Planificación forrajera. *In*: Cangiano, C.A. (ed.) *Producción Animal en Pastoreo*. INTA-EEA Balcarce. Capítulo 9, pp. 129-145.
- GRAMSHAW, D., LOWE, K.F. y LLOYD, D.L. 1993. Effect of cutting interval and winter dormancy on yield, persistente, nitrogen concentration and root reserves of irrigated lucerne in the Queensland subtropics. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 33: 847-854.
- HANSEN, C.J. 2002. Estimación del potencial de rendimiento de forraje de alfalfa (**Medicago sativa**) pura y en mezcla con pasto ovillo (**Dactylis glomerata**). Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Mar del Plata. p. 41.
- MCKENZIE, J.S., PAQUIN, R. y DUKE, S.H. 1988. Cold and heat tolerance. *In*: Hanson, A.A., Barnes, D.K. y Hill, R.R., Jr (eds.) *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. Agronomy Monograph N° 29, ASA/CSSA/SSSA, Madison, Wisconsin, pp. 259-302.
- PECE, M.A. 2000. Tasa de acumulación de la biomasa aérea en dos cultivares de alfalfa (**Medicago sativa** L.). Tesis Magister Scientiae, Universidad Nacional de Mar del Plata. p. 108.
- ROMERO, L.A. y BRUNO, O.A. 1991. Curvas de producción de cultivares de alfalfa con distinto grado de latencia invernal. INTA-EEA Rafaela. Jornada de Información Técnica para productores. pp. 71-73.
- ROSSANIGO, R., SPADA, M.C. y BRUNO, O.A. 1995. Evaluación de cultivares de alfalfa y panorama varietal en la Argentina. *In*: E.H. Hijano y A. Navarro (eds.). *La alfalfa en la Argentina*. pp. 63-78.
- SANTINI, F.J., GONZALEZ, E. y AROSTEGUY, J.C. 1975. Crecimiento estacional de gramíneas y leguminosas puras y en mezclas. INTA-EEA Balcarce, Reunión Anual Departamento de Producción Animal.

- SAS User's Guide: Statistics, Version 6.12. 1996. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- SHEAFFER, C.C., WIERSMA, J.V., WARNES, D.D., RABAS, D.L., LUESCHEN, W.E. y FORD, J.H. 1986. Fall harvesting and alfalfa yield, persistence and quality. *Can. J. Plant Sci.* 66: 329-338.
- SPADA, M.C. e HIJANO, E.H. 1985. Evaluación de cultivares de alfalfa en Manfredi, Córdoba, Argentina. (Período 1978/83). *Revista Agronómica de Manfredi* 1: 11-28.
- . 1991-1999. Avances en alfalfa. Ensayos territoriales. INTA-EEA Manfredi. Año 1-9. N° 1-9.
- y ROBLEDO, W. 1995. Adaptación al ambiente de genotipos de alfalfa (**Medicago sativa** L.). XIV Reunión Latinoamericana de Prod.Anim. 19° Congreso Argentino Producción Animal. 26/11 al 1/12. Mar del Plata. pp.275-277.
- THORNWAITE, C.W. 1984. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* 38: 55-94.