

Desarrollo fenológico de cultivares de alfalfa creciendo bajo niveles contrastantes de humedad del suelo en Córdoba, Argentina

Phenological development of alfalfa varieties growing under different soil moisture content in Córdoba, Argentina

Spada, M. del C.¹; Guzmán, C.¹; Tablada, M.²

¹ Estación Experimental INTA Manfredi (Córdoba- Argentina) Email: mspada@manfredi.inta.gov.ar

² Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). Email: mtablada@agro.uncor.edu

Resumen

El objetivo del trabajo fue describir el desarrollo fenológico de dos cultivares de alfalfa creciendo en tres niveles de humedad del suelo. Entre 2004 y 2006 se evaluaron WL442 (GR7) y DK194 (GR9) bajo tres niveles de humedad del suelo: secano y riego para mantener un 30% y 60% de agua útil. Se utilizó un diseño en parcelas divididas. Los muestreos se realizaron semanalmente hasta el 10% de floración. Todos los tallos incluidos en dos muestras de 0,1 m² se clasificaron individualmente según la escala de madurez de Kalu y Fick. El Estado Medio de la Pastura (EMC) se calculó como la media ponderada del estadio morfológico de cada tallo. En cada rebrote se realizó un ANOVA y las medias se compararon por la prueba LSD ($\alpha=0,05$). La tasa de desarrollo (TD) se calculó como la pendiente de la regresión lineal entre el EMC y los días desde el corte y se compararon mediante regresiones con variables auxiliares. En el inicio del rebrote y en el corte no se detectaron diferencias significativas ($p>0,05$) en el EMC entre cultivares y niveles de humedad del suelo. Al comienzo del rebrote el EMC osciló entre 0 y 0,93, y en el corte entre 1,85 y 3,03. La TD varió entre 0,06 y 0,19 unidades por día. La mayor tasa se alcanzó en verano; en invierno no hubo una tendencia definida. La similitud en el desarrollo de DK194 y WL442 indica que para las condiciones ambientales del Centro de Córdoba no se expresan diferencias propias del grado de reposo.

Palabras clave: alfalfa, desarrollo fenológico, humedad suelo.

Abstract

The objective of this study was to describe the phenological development of two alfalfa varieties under different soil moisture content. Within the 2004-2006 period and using a split-plot experimental design, the evolution of stages of maturity of alfalfa cultivars WL442 (FD7) and DK194 (FD9) were compared under three levels of soil moisture conditions: a) dryland; and irrigation to provide: b) 30% and c) 60% of soil available water. From every plot, two 0.1-m² forage samples were taken every week from the beginning of regrowth until 10% blooming. From every sample, the stage of maturity of each individual stem was estimated according to the scale proposed by Kalu & Fick, and then the mean stage of development by count (MSC) was calculated. MSC for every plot were used to perform the ANOVA and the means were separated by the LSD test ($\alpha = 0.05$). The rate of development (RD) was estimated as the slope of the regression line between MSC and days from the cutting. No differences ($p > 0.05$) for MSC among cultivars and soil moisture levels were detected at the beginning of the regrowth and at the cutting moment. MSD values ranged from 0.01 to 0.93 at the beginning of regrowth and from 1.85 to 3.03 at the cutting. The RD values ranged from 0.06 to 0.19 units day⁻¹. The plants reached their highest RD during summertime, but there was not a well defined trend during wintertime. The similarities in MSC and RD for DK194 and WL442 found indicate that the potential differences from fall dormancy group were not expressed under Central Cordoba conditions.

Key words: alfalfa, phenological development, available water.

Introducción

La alfalfa se define como una especie de días largos de acuerdo a su respuesta al fotoperíodo por lo que el crecimiento de las plantas está fuertemente controlado tanto por éste como por el tiempo termal; sin embargo existen evidencias que el contenido de humedad del suelo es un factor determinante para que ocurra este proceso. Sulc et al. (1999) estiman que el crecimiento está más limitado por la humedad del suelo que por el tiempo termal y fotoperíodo.

El grado de reposo de los cultivares se define en función a su respuesta al fotoperíodo. Así, los cultivares con reposo se caracterizan por detener su crecimiento a medida que se acorta el día y disminuye la

temperatura. Por otro lado, los cultivares sin reposo están menos subordinados a la duración del fotoperíodo y continúan su crecimiento mientras las temperaturas superen los 5 °C. (Poole et al., 2003). Estas características determinan que los cultivares con reposo registren una tasa de crecimiento menor que la de los cultivares sin reposo. Sin embargo existe información disímil al respecto; por ejemplo, Busbice y Wilsie (1965) y Major (1991) señalan que existe una relación lineal entre el grado de reposo y la tasa de desarrollo, lo que determinaría que los cultivares con reposo maduraren más lentamente que los sin reposo. Por el contrario, Hall et al. (2000), y Krachunov et al. (1995) no encontraron diferencias en el estado de madurez entre cultivares de distinto grado de reposo (GRI).

En la región central de Córdoba (Argentina), el momento de utilización de la alfalfa se define en función al porcentaje de floración. A lo largo del ciclo de crecimiento los cultivares de reposo intermedio y sin reposo difieren en sus tasas de crecimiento (Spada, 2003), no obstante se desconoce la evolución fenológica de este tipo de cultivares.

Los criterios de clasificación con que se describe la fenología de la alfalfa y su evolución a través de los rebrotes están basados principalmente en la altura del canopeo y en los estados reproductivos (botón floral, floración y fructificación). A partir de estas características se concluyó que el momento de corte óptimo es cuando las plantas alcanzan el 10% de floración dado que se obtienen producciones de forraje compatibles con la calidad y persistencia del cultivo. Para Kalu y Fick (1981, 1983) la expresión de cada estadio fenológico es un resultado de la historia ambiental y fisiológica del cultivo y que si bien es simple definir el momento de utilización en base al 10% de floración no se tiene en cuenta esos antecedentes. Fundamentándose en este concepto, describieron un método que se basa en la altura y la presencia de diversos órganos en los tallos. De este modo, describen 10 estadios de madurez divididos en: tres estados vegetativos, dos de botón floral, dos de floración y tres de fructificación (Cuadro 1). A partir de éstos se define el estado medio de la pastura que se expresa ponderando la cantidad _estado medio de la pastura por conteo (EMC), o _el peso de seco (EMP) de los tallos de cada estadio, siendo indistinto el uso de cada uno dada la alta correlación entre ambos.

El objetivo del trabajo es describir el desarrollo fenológico de dos cultivares de alfalfa, creciendo en tres niveles de humedad del suelo, hasta alcanzar momento óptimo de utilización.

Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en INTA Manfredi, Córdoba, Argentina (31°41'S, 63°46'W) durante los ciclos de crecimiento de 2004/05 y 2005/06. Se evaluaron los cultivares WL 442 (GRI 7) y DK 194 (GRI 9) sometidos a tres niveles de humedad del suelo: secano y riego para mantener un 30% y 60% de agua útil en el suelo (%AU). El diseño fue completamente aleatorizado, con dos repeticiones para un modelo en parcelas divididas siendo la condición de humedad del suelo la parcela principal. Las determinaciones se realizaron durante dos rebrotes de primavera, verano y otoño y uno en invierno. En cada rebrote y semanalmente hasta que las plantas de la parcela llegaban al 10% de floración, se cortaron todos los tallos incluidos en dos muestras de 0,1 m² a la altura de la corona. Los tallos se clasificaron individualmente según la escala de 10 estados de madurez (Cuadro 1), se registró la cantidad de tallos en cada estado y se calculó el índice de Estado Medio por Conteo (EMC) como:

$$\sum(S * N) / C$$

Donde S= estadio de madurez

N= cantidad de tallos en ese estado

C= total de tallos (Kalu y Fick, 1981)

Cuadro 1. Estados de madurez de la alfalfa en base al desarrollo morfológico de tallos.

Estadio de madurez	Denominación	Definición Morfológica
0	Vegetativo temprano	Ausencia de yemas y hojas axilares,
1	Vegetativo medio	Presencia de primeras hojas originadas de yemas axilares
2	Vegetativo tardío	Presencia de ramificaciones axilares
3	Botón temprano	1 á 2 nudos con botones florales.
4	Botón tardío	Más de 3 nudos con botones florales
5	Floración temprana	1 nudo con una flor abierta.
6	Floración tardía	Más de 2 nudos con una flor abierta.
7	Fructificación temprana	1 a 3 nudos con vainas verdes
8	Fructificación tardía	Más de 4 nudos vainas verdes

Los cultivares se compararon mediante un análisis de la varianza según un modelo de parcelas divididas considerando el estado de humedad del suelo como parcela principal y los días desde el corte como subparcela. Cuando los efectos fueron significativos a un nivel de 0,05 las medias se compararon a través de la prueba LSD de Fisher. La tasa de desarrollo (TD) de cada cultivar y nivel de humedad del suelo se calculó como la pendiente de la regresión lineal entre el estado medio de la pastura y los días transcurridos desde el corte. Se analizó la homogeneidad de las pendientes mediante un modelo de regresión con variables auxiliares (dummies) para incluir en el mismo los niveles de humedad, y cultivar. Este análisis se realizó para los valores de EMC obtenidos en los períodos de crecimiento correspondientes a un corte representativo de primavera, verano, otoño e invierno.

Resultados y Discusión

En los dos años de evaluación se analizaron siete períodos de rebrote entre octubre y junio. Durante los primeros diez días de crecimiento predominaron estadios de madurez en todos los rebrotes (Cuadro 1) alcanzando un estado medio de la pastura (EMC) que osciló entre 0 y 0,93. Valores similares son citados por Kalu y Fick, (1981), sin embargo consideran que los estadios tempranos están representados por más de un estado de madurez. Por otro lado, Sanderson y Wedin (1988), registraron valores similares en primavera, pero en verano el estadio medio por peso fue superior a 1.

Durante los primeros días de rebrote y en el momento del corte el estado medio de los dos cultivares en los tres niveles de humedad fue similar ($p > 0,05$), por el contrario se registraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los muestreos intermedios. En el momento coincidente con el 10% de floración el EMC de DK 194 y WL 442 se presenta en el Cuadro 2. Si bien surgieron estadios reproductivos (3, 4 y excepcionalmente 5 y 6) el porcentaje de estadios vegetativos se mantuvo alto. Esta composición de la pastura fue más notoria en verano; por el contrario, en otoño y como resultado de la inhibición de la floración por disminución del fotoperíodo se desarrollaron mayor cantidad de tallos de estadio 2 (presencia de ramificaciones axilares). En el resto de las estaciones este estadio se presentó en escasas oportunidades.

Cuadro 2. Estado medio de la pastura en el momento de utilización de DK 194 y WL 442 para tres niveles de humedad del suelo. Manfredi. 2004-2006 (Argentina).

Período de rebrote	Humedad suelo Agua útil (AU)	DK 194		WL 442	
		Estado Medio de la pastura	Tasa de desarrollo	Estado Medio de la pastura	Tasa de desarrollo
Primavera	Secano	1,85	0,08	1,68	0,08
	30 % AU	2,10	0,06	1,73	0,06
	60 % AU	1,99	0,06	2,25	0,09
Verano	Secano	2,84	0,19	2,55	0,15
	30 % AU	2,47	0,17	2,17	0,13
	60 % AU	3,03	0,12	2,78	0,11
Otoño	Secano	1,83	0,08	1,29	0,05
	30 % AU	2,29	0,08	1,90	0,05
	60 % AU	1,78	0,06	1,23	0,04
Invierno	Secano	1,05		1,02	
	30 % AU	1,20		0,78	
	60 % AU	0,91		1,19	

En el momento del corte el EMC de WL 442 y DK 194 fue similar para los tres niveles de humedad del suelo ($p < 0,05$). En general, en todos los períodos los tratamientos de secano llegaron al momento óptimo de utilización aproximadamente una semana antes. Esto coincide con lo expresado por Sulc et al. (1999) y Sanderson y Wedin (1988), en el sentido que con menores niveles de humedad del suelo el desarrollo es más rápido. El mismo comportamiento ocurrió en verano en respuesta a las mayores temperaturas, en esta estación el EMC fue superior a 2,5.

La similitud del estado medio de DK 164 y WL 442 en el momento de utilización coincide con los resultados de Hall et al. (2000), y Krachunov et al. (1995) que no encontraron diferencias en el estado de madurez entre cultivares de distinto grado de reposo a igual momento de utilización.

En los períodos analizados, la tasa de desarrollo cambió diariamente con una tendencia lineal ($p < 0,05$) con un valor que osciló entre 0,06 y 0,19 unidades por día (Figura 1), valores similares a los citados por Kalu y Fick (1981, 1983) y Sanderson y Wedin (1988). La mayor TD alcanzada en verano sería el resultado de las mayores temperaturas y longitud del fotoperíodo. A diferencia de lo citado por Busbice y Wilsie (1965) y Major, (1991), en general, el desarrollo de DK 194 (GR 9) fue similar al de WL 442 (GR 7) ($p > 0,05$). Por otro lado, en secano el desarrollo de los dos cultivares fue más rápido que con mayores niveles de humedad del suelo; se registraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el corte de primavera en WL 442 y en verano en los dos cultivares.

Si bien la relación entre estado medio de la pastura y tiempo fue lineal en la mayoría de los períodos, hacia fines de otoño y principio de verano el mejor ajuste fue cuadrático, indicando que hacia los últimos días de crecimiento la elongación de los rebrotes de corona aumentaron la cantidad de tallos con un estado de madurez de 0; esta tendencia la encontraron Kalu y Fick (1983) a los 50 días del rebrote

En invierno, debido a que la temperatura y fotoperíodo no fueron óptimos para el crecimiento no hubo una tendencia definida en el desarrollo de los dos cultivares ($R^2 < 0,6$).

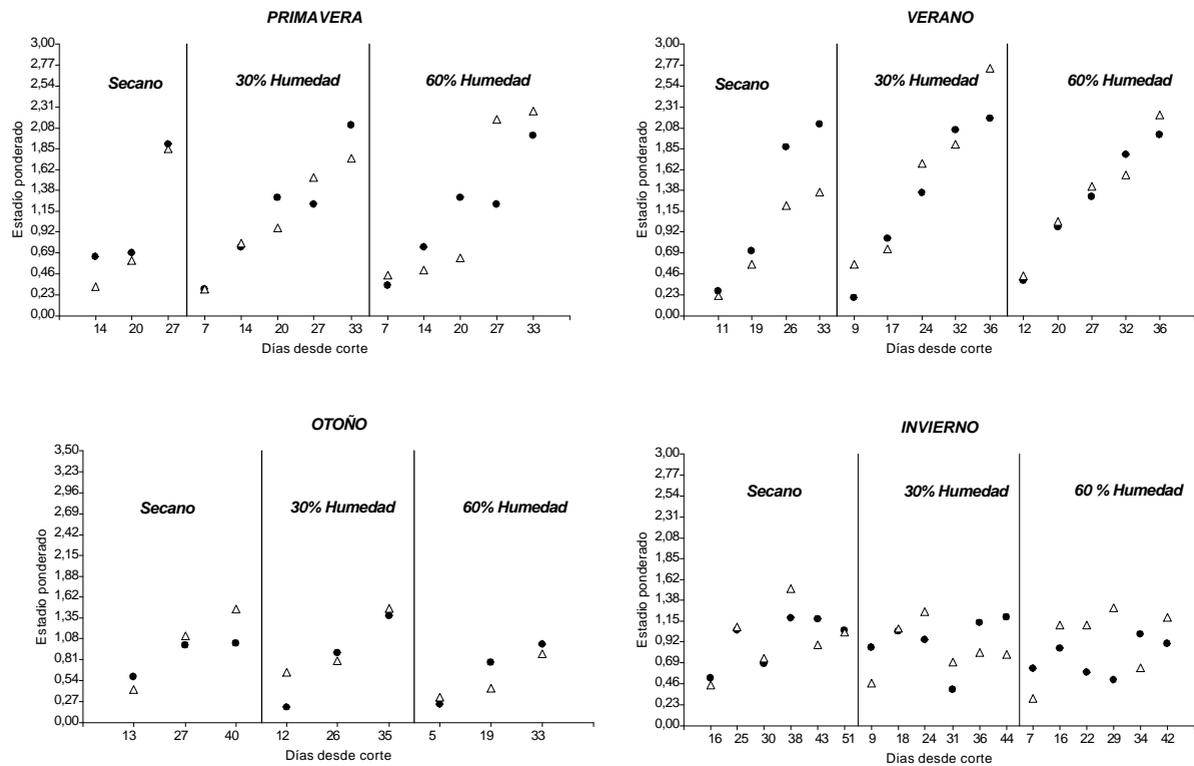


Figura 1. Evolución del estado medio de la pastura de DK 194 y WL 442 en cuatro estaciones y tres niveles de humedad del suelo. Manfredi. 2004-2006 (Argentina)

Conclusiones

La similitud en el desarrollo de DK 194 y WL 442 indica que para las condiciones ambientales de la región Central de Córdoba no se expresan las diferencias entre genotipos propias de los grados de reposo.

Literatura Citada

Busbice, T.H.; Wilsie, C.P. 1965. Fall growth, winter hardiness, recovery after cutting and wilt resistance in F2 progenies of Vernal x DuPuits alfalfa crosses. *Crop Science* 5: 429-432.

- Hall, M.; Smiles, W.S.; Dickerson, R.A. 2000. Morphological development of alfalfa cultivars selected for higher quality. *Agronomy Journal* 92: 1077-1080.
- INFOSTAT. 2002. Software estadístico. Infostat, Versión 1.1. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Kalu, B.A.; Fick, G.W. 1981. Quantifying morphological development of alfalfa for studies of herbage quality. *Crop Science* 21: 267-271.
- Kalu, B.A.; Fick, G.W. 1983. Morphological stage of development as a predictor of alfalfa herbage quality. *Crop Science* 23: 1167-1172
- Krachunov, I. ; T.; Zhelyazkov, T.; Naidenov, T. 1995. Quantitative expression of morphological stage for the evaluation of fodder in lucerne. Resumen . Disponible en: <http://trophort.com/002/936/002936320.html>. [consultado: 16 de mayo de 2007]. Original en: *Rasteniev"dni Nauki* 32(6): 30-33
- Major, D.J.; Hanna, M.R.; Beasley, B.W. 1991. Photoperiod response charactersittics of aflfalfa (medicago sativa L.) cultivars *Cannadian Journal Plant Science* 71: 87-93.
- Poole, G.; Putnam, D.; Orloff, S. 2003. Considerations in choosing an alfalfa variety. *Proceedings 33rd California Alfalfa and Forage Symposium*, p. 191-200. (<http://alfalfa.ucdavis.edu>).
- Sanderson, M.A.; Wedin, W.F. 1989. Phenological stage and herbage quality relationships in temperate grasses and legumes. *Agronomy Journal* 81: 864-869.
- Spada, M. del C. 2003. ¿Cómo se acumula la producción de forraje de alfalfa?. *Jornada Técnica Todo Alfalfa. EEA Manfredi INTA (Área Producción Animal)*, 18 p.
- Sulc R.M.; Albrecht, K.A.; Owens V.N.; Chernery, J.H. 1999. Update on predicting harvest time for alfalfa. In: *Proc. Tri-state dairy nutrition conv. For Wayne*, p. 167-177.