

■ Ediciones

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Cartilla Digital
ManfrediEstación Experimental Agropecuaria
INTA ManfrediISSN On line
1851-7994

2022/17

**Evaluación del rendimiento en el cultivo de alfalfa en
respuesta a la aplicación de Mist Prado****Olivo, Silvia; Odorizzi; Ariel¹
Ludueña; Flavio; Fernández Marcos; Castellano, Claudio²****Introducción**

Argentina posee 3.8 millones de hectáreas implantadas con el cultivo de alfalfa utilizada en sistemas productivos cada vez más intensificados. Para lograr eficiencia productiva, alta rentabilidad y sustentabilidad es necesario un correcto manejo agronómico de los lotes destinados a alfalfa, obteniendo altos rendimientos en materia seca y lo que es más importante en kilogramos de proteína y megacalorías de energía vegetal cosechadas mediante pastoreos con alta carga animal o como forrajes conservados en formato de heno o henolaje

En alfalfa, como en cualquier otro cultivo, el rendimiento potencial se define como aquel que se puede obtener sin limitantes bióticas y abióticas controlables (plagas, enfermedades, deficiencia de agua y nutrientes), pero bajo las condiciones de temperatura, radiación y fotoperiodo de cada ambiente en particular.

Los nutrientes provistos por el suelo, los procesos biológicos y la fertilización tienen un papel preponderante en la determinación de la producción. Del total de nutrientes consumidos, el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y en menor medida el Azufre (S) y el Boro (Bo) son los elementos que más limitan la producción. Después del N, que es cubierto a través de la fijación biológica, el K y el Calcio (Ca) son los nutrientes que más demanda la producción de alfalfa, reportándose valores de 28, 22 y 12 Kg/t respectivamente de forraje producido. Estudios realizados demuestran que en lotes de historia agrícola el contenido de Ca se redujo en un 20% respecto a un perfil de suelo descripto hace más de 35 años. En este sentido para lograr un equilibrio entre forraje producido y sistemas sustentables a lo largo del tiempo sería indispensable devolver al sistema suelo los nutrientes extraídos por el cultivo.

Objetivos del ensayo:

- 1- Evaluar la producción de biomasa en cantidad y calidad, en el cultivo de alfalfa bajo la aplicación de MIST-PRD "MIST Prado"
- 2- Evaluar el efecto de la aplicación MIST-PRD "MIST Prado" sobre la captura de luz

Materiales y Métodos

Periodo y Sitio Experimental

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Manfredi, Córdoba, Argentina (31,5° S, 63,5° O, 292 m.s.n.m.), desde octubre del 2021 hasta junio del 2022.

Caracterización del sitio experimental

El ensayo se llevó a cabo sobre una alfalfa grupo 9, variedad Traful PV INTA Palo verde, implantado en marzo del 2021 en un lote de 10 ha correspondiente a la Unidad Experimental Demostrativa de Heno de Calidad (UPEX alfalfa) de la EEA INTA Manfredi.

El suelo es un suelo Haplustol éntico serie Oncativo, profundo, bien drenado, desarrollado sobre materiales franco-limosos, con una capacidad de almacenaje de agua disponible de 307 mm hasta los 200 cm de profundidad (INTA, 1987) y presenta 7,1 de pH, 12 ppm de fósforo, 2,6% de MO y 0,4 de CE (dS m^{-1})

La precipitación media anual (promedio de la serie de años 1931-2010) es de 757 mm concentrándose el 80% de la misma entre los meses de octubre y marzo y el 20% restante desde abril a setiembre (Severina et al., 2020)

En lo que respecta a las temperaturas, la media anual es de 16,8 °C, siendo la temperatura media mínima de 9,5 °C para el mes de julio y máxima de 23,4 °C en enero (Severina et al., 2020).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela será de 15 metros de ancho por 600 metros de largo (Figura 1). Se aplicaron dos tratamientos: Testigo: alfalfa sin fertilizar MIST prado: alfalfa con fertilizante. Se utilizó el formulado "MIST prado" a razón de 2 l/ha luego del segundo, cuarto y sexto corte.

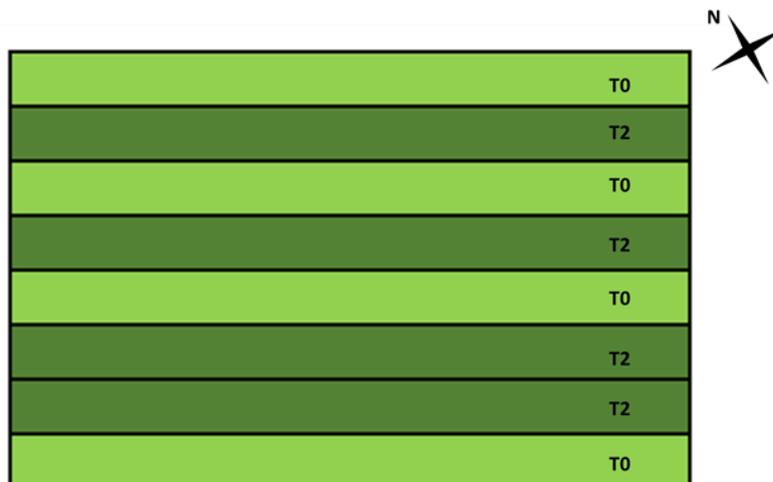


Figura 1. Plano del ensayo. T0: alfalfa sin fertilizar T2: alfalfa con fertilizante. Formulad0 "MIST Prado" a raz3n de 2 l/ha luego del segundo, cuarto y sexto corte. Parcela de 15 metros de ancho por 600 de largo.

Manejo agron3mico

Durante el ciclo de los cultivos se realizaron monitoreos para evitar la incidencia en los resultados de factores no deseados (malezas, insectos, enfermedades).

Determinaciones

Biomasa a3rea total

Los cortes para estimar el rendimiento del cultivo se realizaron cada 450-500 3GDA (Grados D3as Acumulados) o su equivalente en estadio fenol3gico de 10% de floraci3n (Kalu y Fick 1981; Moot et al. 2001). El rendimiento se determin3 cosechando, en cada fecha de corte y unidad experimental, la biomasa a3rea (BA). Los cortes se realizaron sobre una superficie de 2 metros lineales de surco a 5 cm sobre el nivel del suelo realizando una transecta a lo largo de cada parcela experimental (8 sub-muestras por parcela experimental).

Las muestras fueron pesadas en verde, colocadas en estufa a 453C durante 72 horas y as3 obtener el obtuvo el peso seco. Con estos valores se determin3 el porcentaje de materia seca (%MS). El rendimiento se calcul3 a partir del BA y el %MS.

Intercepci3n de la radiaci3n

En el rebrote subsiguiente a la aplicaci3n del fertilizante se midi3 la fracci3n de la radiaci3nsolar incidente (RFAinc $Mj\ m^{-2}$) sobre y debajo del canopeo en cuatro sectores de la parcela con un cept3metro (Bar-Rad) cubriendo un metro de ancho. La fracci3n interceptada de la radiaci3n (f) se calcular3 como la relaci3n entre el valor de RFAinc sobre y bajo el canopeo.

Par3metros de calidad del forraje

Las determinaciones de contenido de prote3na bruta (PB), fracci3n fibra detergente neutra

(FDN) y digestibilidad in vitro de la MS (IVTDM) se realizaron en dos oportunidades y sobre las muestras compuestas de 200 g por parcela, separadas en tallo y hoja secadas en estufa a 45°C hasta peso constante. Las muestras se analizaron de acuerdo a la *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1990) siguiendo los métodos de la *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS) para MS (método 930.15), cenizas (método 924.05), PB Kjeldahl (método 984.13) usando el analizador automático *Kjeltec Sampler 8420* de FOSS (Orskov y McDonald, 1970).

Densidad y tamaño de tallos

Los tallos utilizados para determinar parámetros de calidad del forraje fueron pesados y contados para obtener la densidad de tallos (tallos m²) y tamaño (g). Posteriormente se pesaron por separado las hojas y tallos para obtener la relación hoja/tallo.

Análisis estadísticos

Las variables evaluadas se analizaron estadísticamente con el software Infostat y las comparaciones múltiples *post hoc* fueron ajustadas, mediante el método HSD de Tukey. Fijándose un nivel de significancia de $\alpha = 0,05; 0,10$.

Resultados y discusión

Definición de tratamientos

El ciclo de crecimiento evaluado se extendió desde el 18 de noviembre de 2021 hasta el 30 de junio de 2022. Las determinaciones se realizaron sobre un cultivo de alfalfa sembrado en marzo de 2022 y con un periodo de implantación que permitió acumular el nivel de reservas necesarios en raíz y corona. De este modo, en octubre a los 200 días de la siembra se realizó el primer de siete cortes. Los mismos se efectuaron en promedio cada 35-40 días o 520 °GDA. El cuarto corte se realizó a los 768 °GDA. (Tabla 1), producto de la ocurrencia de precipitaciones durante el momento óptimo. En este sentido, como la UPEX tiene como destino la producción de rollos se consideró apropiado retrasar el corte evitando así pérdidas o lavado de nutrientes en la andana. Las fertilizaciones foliares se realizaron en tres momentos: luego del segundo, cuarto y sextocorte.

Tabla 1. Días entre corte (DEC), Tiempo Termal (TT), °CDA, T°media (T°media), °C y Precipitaciones (PP), mm correspondientes al periodo de evaluación del experimento. Manfredi. 2021-2021.

	Siembra-implantación		Cortes						
			1	2	3	4	5	6	7
Fecha	18/3 a 20/10	20/10	18/11	20/12	27/1	4/3	18/4	20/6	
DEC		-	28	32	37	37	44	62	
TT (°CDA)		-	441	570	768	580	560	430	
T°media (°C)			15.8	20	23	22	18	11	
PP (mm)			122	96	139	66	64	20,5	

Producción de biomasa aérea

La producción de biomasa aérea acumulada del periodo de evaluación (es decir desde el inicio del experimento) fue un 16% mayor para el tratamiento con fertilización foliar, en adelante MIST-prado que en el tratamiento sin fertilización foliar, en adelante Testigo. En promedio MIST- prado alcanzó 24000 kg MS ha⁻¹ mientras que el Testigo 20500 kg MS ha⁻¹.

Cuando se analizó la producción por corte se encontró que MIST-prado logró mayor producción (Figura 3), en este sentido durante el periodo de crecimiento, luego de que se aplicase el producto (cortes tres, cinco y siete) se obtuvo en promedio un 30% más de producción ($p < 0,10$) mientras que, en los cortes cuatro y seis el rendimiento fue similar ($p > 0,10$) (Figura 3).

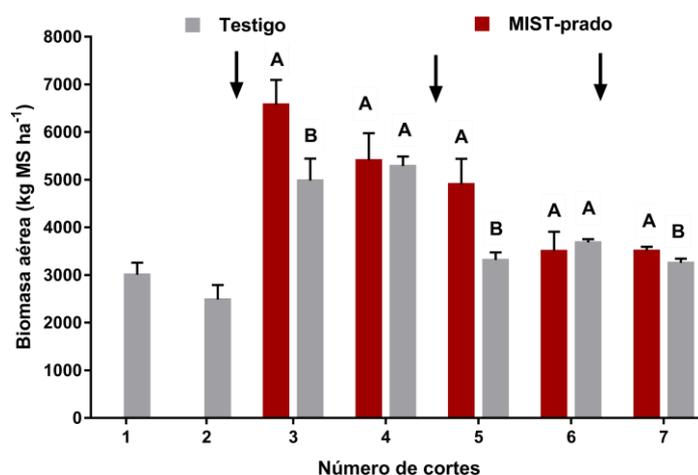


Figura 3. Biomasa aérea (kg MS ha⁻¹) por corte para un cultivar de alfalfa GR9 durante el primer ciclo de crecimiento y dos tratamientos de evaluación; sin fertilización: Testigo y con fertilización foliar: MIST-prado. Ensayo realizado en EEA INTA Manfredi 201-2022. Las barras verticales son valores promedios \pm el error estándar de la media. Letras mayúsculas distintas en sentido vertical denotan diferencias significativas entre tratamientos en cada corte ($p < 0,10$). Las flechas negras indican el momento donde se aplicó el producto MIST-prado, es decir luego del segundo, cuarto y sexto corte.

Componentes del rendimiento

Una forma de evaluar la producción de biomasa es a través de los componentes del rendimiento: densidad de tallos por unidad de superficie y peso por tallo (Volenc *et al.*, 1987). En relación a ello en los cortes tres, cuatro y siete correspondientes al periodo de crecimiento luego de la aplicación de fertilizante, en cada uno de los tratamientos; testigo y MIST prado se procedió a evaluar tanto la densidad de tallo como el peso por tallo; además de cuantificar el % de hoja, la relación hoja tallo y altura al momento del corte.

Densidad de tallos m² y peso por tallo

En la mayoría de los cortes posteriores a la aplicación de MIST prado se observó mayor densidad de tallos (Figura 4a) ($p < 0,10$) alcanzando en el tercer corte valores cercanos a los 2500 tallos m² es decir casi un 50% más que el Testigo, este comportamiento se mantiene similar en el quinto corte, aunque con menor proporción de tallos m², sin embargo, en este corte MIST prado logró casi un 30% más de tallo que el Testigo (1206

vs 810 tallos m²).

El Peso por tallo (Figura 4b) presentó valores promedio de 0,40 y 0,35 g/tallo para MIST. Prado y Testigo respectivamente. A excepción del tercer corte, en el resto de los periodos evaluados MIST Prado alcanzó mayor peso (20%) de tallo que el Testigo ($p < 0,05$).

La mayor producción de biomasa lograda en el corte tres con el tratamiento con MIST Prado (Figura 3) podría ser explicada por un mayor número de tallos m² (Figura 4a) ya que el peso por tallo en ambos tratamientos fue similar (Figura 4b). Por otro lado, si se compara, el comportamiento observado en el corte tres con los cortes cinco y siete, se observa que en MIST Prado, la densidad de tallos disminuye en más de un 30% aunque se genera un incremento en el peso por tallo cercanas al 50%, explicando esta variable la mayor producción lograda en el resto de los cortes.

Si bien en el tratamiento Testigo el comportamiento es similar, la menor proporción de tallo (Figura 4a) y de menor peso (Figura 4b) derivarían en un menor rendimiento (Figura 3). Más allá de las diferencias en rendimiento halladas, frente a una oferta de recursos el cultivo genera un efecto compensatorio entre densidad y peso por tallo. Por su parte la altura al momento del corte presentó valores promedio de 55 y 52 cm para MIST Prado y Testigo respectivamente.

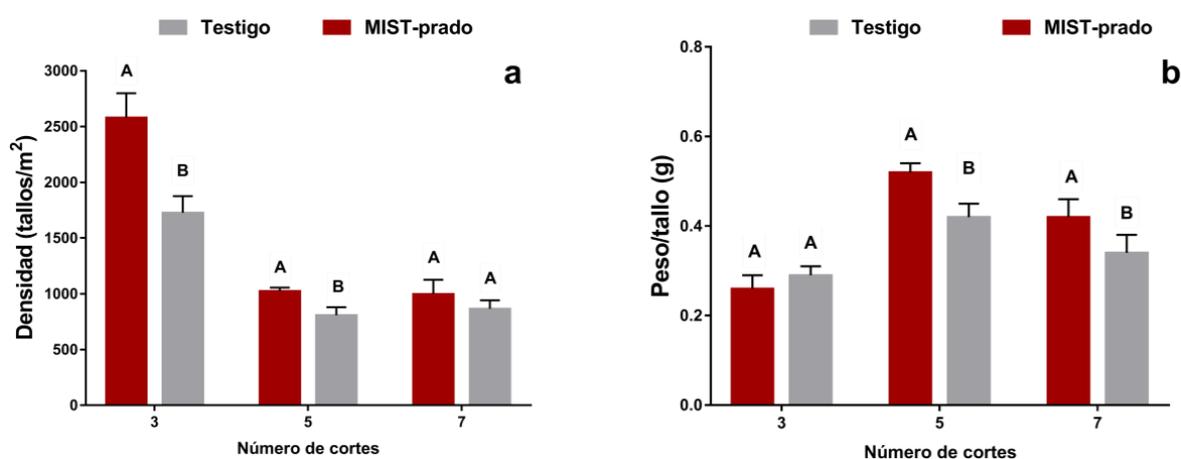


Figura 4. (a) Densidad de tallo (tallos m⁻²) por corte para un cultivar de alfalfa GR9 durante el primer ciclo de crecimiento del cultivo y dos tratamientos de evaluación; sin fertilización: Testigo y con fertilización foliar: MIST-Prado. Ensayo realizado en EEA INTA Manfredi 201-2022. Las barras verticales son valores promedio \pm el error estándar de la media. Letras mayúsculas distintas en sentido vertical denotan diferencias significativas entre tratamientos en cada corte ($p < 0,05$). Los cortes 3, 5 y 7 corresponden al periodo de crecimiento con aplicación de fertilizante. (b) Peso por tallo (g) por corte para un cultivar de alfalfa GR9 durante el primer ciclo de crecimiento del cultivo y dos tratamientos de evaluación; sin fertilización: Testigo y con fertilización foliar: MIST-Prado. Ensayo realizado en EEA INTA Manfredi 201-2022. Las barras verticales son valores promedio \pm el error estándar de la media. Letras mayúsculas distintas en sentido vertical denotan diferencias significativas entre tratamientos en cada corte ($p < 0,05$). Los cortes 3, 5 y 7 corresponden al periodo de crecimiento con aplicación de fertilizante.

Porcentaje de Hoja en el momento del corte

De la producción total, hojas + tallos, las hojas son el componente de mayor valor nutritivo y potencial de consumo por parte de los animales (Romero et al., 2007). Esta variable se expresa como proporción en porcentaje de la biomasa total y para ambos tratamientos, en los cortes tres y siete, el porcentaje de hoja explicó el 53% de la biomasa producida, sin diferencias entre tratamientos. En el corte cinco el comportamiento se mantuvo similar, aunque la proporción de hoja fue menor (Figura 5).

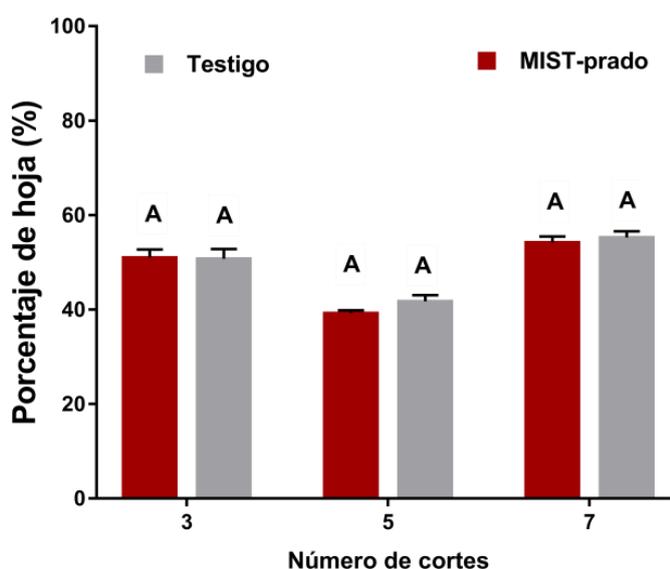


Figura 5. Porcentaje de hoja por corte para un cultivar de alfalfa GR9 durante el primer ciclo de crecimiento del cultivo y dos tratamientos de evaluación; sin fertilización: Testigo y con fertilización foliar: MIST-prado. Ensayo realizado en EEA INTA Manfredi 201-2022. Las barras verticales son valores promedios \pm el error estándar de la media. Letras mayúsculas distintas en sentido vertical denotan diferencias significativas entre tratamientos en cada corte ($p < 0,05$). Los cortes 3, 5 y 7 corresponden al periodo de crecimiento con aplicación de fertilizante.

De acuerdo con Cangiano (2005), desde el inicio de la floración existe una menor producción de hojas, un incremento de la senescencia foliar en la parte inferior del canopeo y un incremento en el peso de los tallos produciendo una reducción gradual de la relación hoja - tallo. Esta relación presenta variaciones de 1,5 y 3,9 durante los estadios vegetativos a 0,5 cuando las plantas alcanzan la madurez. En la tabla 2 se muestra la relación hoja-tallo hallada para cada momento de evaluación.

Tabla 2. Relación hoja-tallo por corte para un cultivar de alfalfa GR9 durante el primer ciclo de crecimiento del cultivo y dos tratamientos de evaluación; sin fertilización: Testigo y con fertilización foliar: MIST-prado. Ensayo realizado en EEA INTA Manfredi 201-2022. Los signos \pm son valores promedios del error estándar de la media. Letras mayúsculas distintas en sentido vertical denotan diferencias significativas entre tratamientos en cada corte ($p < 0,05$). Los cortes 3, 5 y 7 corresponden al periodo de crecimiento con aplicación de fertilizante.

Tratamiento	Corte		
	3	5	7
MIST prado	1,05 \pm 0,07 A	0,65 \pm 0,02 A	1,19 \pm 0,06 A
Testigo	1,04 \pm 0,09 A	0,72 \pm 0,04 A	1,24 \pm 0,06 A

Si bien no se registraron diferencias significativas se puede observar que el tratamiento MIST prado presentó en algunos momentos una menor relación hoja-tallo que es Testigo. Esto podría deberse al mayor peso de tallos alcanzados en estos tratamientos, sumado a un incremento en la senescencia foliar en la parte inferior del canopeo, que si bien no fue cuantificada Olivo et al. (2018) cuantificaron que en rebrotes más prolongados la senescencia se incrementa entre un 7-10%.

Calidad nutricional biomasa total

Del total de biomasa producida las hojas son el componente de mayor valor nutritivo y potencial de consumo. Con el avance de la madurez disminuye la calidad, incrementándose la proporción de tallos en relación a las hojas (Romero et al., 2007). A continuación, en la Tabla 3, se presentará los parámetros de calidad de las hojas y los tallos evaluados. Las variables analizadas fueron: PB, FDN y Digestibilidad. Como se puede observar la calidad de la hoja en términos de PB fue similar ($p>0,05$) en ambos tratamientos, sin embargo, la calidad de tallo fue similar en contenido de proteína ($p>0,05$) y diferentes en digestibilidad y FDN y Digestibilidad ($p<0,05$).

Tabla 3. Calidad nutricional expresada como porcentaje de Proteína Bruta (PB), Digestibilidad (DIG) y Fibra de Detergente Neutro (FDN) para un cultivar de alfalfa GR9 durante el primer ciclo de crecimiento del cultivo y dos tratamientos de evaluación; sin fertilización: Testigo y con fertilización foliar: MIST-prado. Ensayo realizado en EEA INTA Manfredi 201-2022. Los signos \pm son valores promedios del error estándar de la media. Letras mayúsculas distintas en sentido vertical denotan diferencias significativas entre tratamientos en cada corte ($p=0,05$).

		Calidad Nutricional		
		PB	DIG	FDN
Hoja	MIST prado	27,7 \pm 0,57 A	67,2 \pm 0,91 A	37,1 \pm 1,22 A
	Testigo	28,2 \pm 0,49 A	67,7 \pm 0,75 A	36,6 \pm 0,97 A
Tallo	MIST prado	13,0 \pm 0,69 A	45,1 \pm 0,63 B	66,6 \pm 0,22 A
	Testigo	14,0 \pm 0,65 A	46,6 \pm 0,89 A	63,3 \pm 0,31 B

La calidad de los tallos del tratamiento MIST prado fue menor que el en tratamiento Testigo (Tabla 3). Esto guarda relación con la biomasa producida y los componentes del rendimiento que intervienen en dicha biomasa (Figura 4 a y b), es decir el mayor peso por tallo y de mayor altura logrado en MIST prado conlleva a una mayor proporción de FDN y una menor digestibilidad. Esta disminución de la calidad con mayor acumulación de biomasa aérea se da inevitablemente en las pasturas a medida que las plantas aumentan el tamaño y la cantidad de tejidos de sostén (Wilson, 1976).

Fracción de la radiación interceptada

Otra manera de analizar el crecimiento es a través de captura de recursos, entre ellos la luz, así La biomasa producida depende de la cantidad de radiación interceptada y la eficiencia con la que se utilice dicha radiación para generar materia seca aérea (hojas + tallos) Monteith (1977). En este sentido al analizar la fracción de la radiación interceptada (Figura 6) por cada uno de los tratamientos se observó que la mayor biomasa producida (Figura 3) también puede ser explicada por una mayor captura de luz por el tratamiento MIST prado.

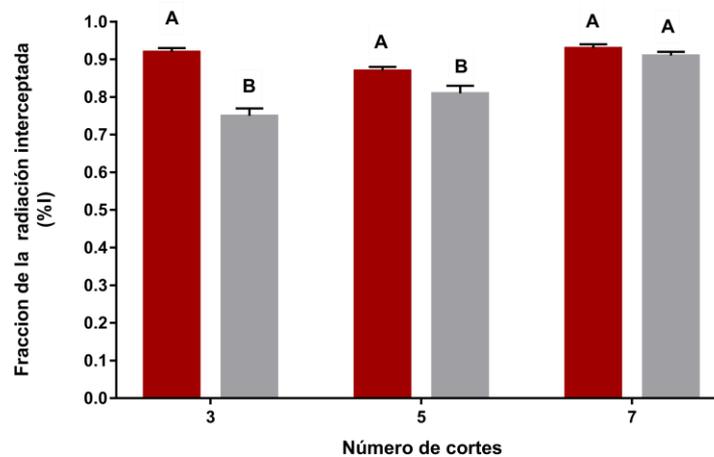


Figura 6. Fracción de la radiación Interceptada (%) para un cultivar de alfalfa GR9 durante el primer ciclo de crecimiento del cultivo y dos tratamientos de evaluación; sin fertilización: Testigo y con fertilización foliar: MIST-prado. Ensayo realizado en EEA INTA Manfredi 201-2022. Las barras verticales son valores promedios \pm el error estándar de la media. Letras mayúsculas distintas en sentido vertical denotan diferencias significativas entre tratamientos en cada corte ($p < 0,05$). Los cortes 3,5 y 7 corresponden al periodo de crecimiento con aplicación de fertilizante.

Conclusiones:

Bajo las condiciones experimentales en las que se llevó a cabo el ensayo se concluye que:

- La aplicación de MIST prado generó un incremento en promedio un 16% en la producción de biomasa y un 30% en los rebrotes posteriores a la aplicación del producto.
- En los rebrotes posteriores a la aplicación de MIST prado la mayor producción de biomasa en el corte tres fue producto de un mayor número de tallos m^2 , mientras que en el corte cinco y siete se debió a un mayor peso por tallo.
- En los rebrotes posteriores a la aplicación de MIST prado el porcentaje de hoja fue similar en ambos tratamientos.
- En los rebrotes posteriores a la aplicación de MIST prado la Calidad nutricional de la hoja fue similar en ambos tratamientos
- En los rebrotes posteriores a la aplicación de MIST prado la Calidad nutricional del tallo fue presento similares valores de PB mientras que el tratamiento con MIST prado la Digestibilidad fue menor y la FDN mayor.
- En los rebrotes posteriores a la aplicación de MIST prado la fracción de la radiación interceptada fue mayor en los tratamientos con MIST prado.

En general, La mayor parte de la superficie alfabera destinada a henificación de nuestro país es realizada en zonas húmedas, subhúmedas y semiáridas, donde el período de crecimiento de la pastura coincide con el de ocurrencia de las precipitaciones. Una de las mayores dificultades que encuentra esta actividad es lograr productos de alta calidad, ya que las andanas de alfalfa cortadas quedan expuestas a las precipitaciones, que

ocurren con mayor o menor frecuencia durante la confección del heno. Si bien a lo largo de todo el experimento la aplicación de MIST prado promovió una mayor producción de biomasa, la misma fue de menor calidad nutricional. Esto guarda relación con lo mencionado anteriormente, ya que, en mucho de los cortes, debido a la probabilidad de precipitaciones previas al corte se decidió retrasar en corte.

Por lo tanto, es importante mencionar que frente a esquemas de fertilización sería recomendable realizar evaluaciones con menores frecuencias de corte (es decir en pre-botón floral), con el objetivo de buscar un equilibrio entre producción de biomasa y calidad de forraje. Impactando de modo positivo en la producción de carne o leche

Sería adecuado evaluar la aplicación del producto luego del último corte de invierno o la entrada de la primavera para analizar el impacto en el cambio de la producción en esos cortes.

Agradecimientos

A ¹Técnicos y ²Apoyo técnico de la EEA INTA Manfredi por su colaboración

Más Información:

Ing. Agr. (MSc.) Silvia Olivo
olivo.silvia@inta.gob.ar
INTA – EEA Manfredi

Noviembre 2022

Para suscribirse al boletín envíe un email a: eeamanfredi.cd@inta.gob.ar

Para CANCELAR su suscripción envíe un email a: eeamanfredi.cd@inta.gob.ar

ISSN on line: 1851-7994

*Este boletín es editado en INTA - EEA Manfredi
Ruta Nacional N° 9 Km. 636
(5988) - MANFREDI, Provincia de Córdoba
República Argentina.
Tel. Fax: 03572-493053/58/61
Responsable literario: Norma B. Reyna*

(c) Copyright 2001 INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Todos los derechos