

El Cultivo de la Alfalfa en la Argentina

Editor: *Ing. Agr. (PhD) Daniel H. Basigalup EEA Manfredi - INTA*



■ Ediciones

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Fertilización y encalado en alfalfa

Ing. Agr. (PhD) Martín Zorita Díaz
Duarte & Asoc., FAUBA y Nitragin Argentina S.A.
Ing. Agr. (MSc) Sebastián Gambaudo
EEA Rafaela – INTA.

Introducción

Las pasturas de alfalfa bien implantadas y adecuadamente manejadas convierten diariamente la energía solar en materia seca, acercándose a los niveles de productividad potencial propios de cada ambiente. Así como la duración del período libre de heladas regula la longitud del ciclo anual de crecimiento, la disponibilidad de agua y nutrientes condicionan la capacidad de conversión de la energía solar (radiación) en materia seca, con tasas dependientes de las temperaturas y otros factores según el manejo realizado (área foliar remanente, estación del año, etc.). Los nutrientes provistos por el suelo, la fertilización y otros procesos biológicos tienen un papel preponderante en la determinación del destino productivo de una pastura. Del total de nutrientes consumidos por la alfalfa (Cuadros 1 y 2), el nitrógeno (N), el fósforo (P) y, con menor frecuencia, el azufre (S) y el boro (B) son los elementos que usualmente -en ausencia de restricciones hídricas severas- más limitan su producción (1, 12). Además de éstos, la alfalfa se caracteriza también por presentar altos requerimientos de calcio (Ca) y una marcada sensibilidad a condiciones de acidez de los suelos. En consecuencia, una estrategia eficiente en el manejo nutricional de esta especie deben contemplar, siempre que fuere necesario, no sólo la fertilización sino también las correcciones por encalado (31, 37).

CUADRO 1 – Requerimientos nutricionales de macro (MACRO) y micronutrientes (MICRO) para la producción de materia seca de alfalfa. Adaptado de García y col. (22).

Requerimientos			
MACRO	kg tn ⁻¹	MICRO	g tn ⁻¹
Nitrógeno	28,0 [†]	Zinc	1,5
Fósforo	2,8	Boro	2,7
Potasio	22,0	Cobre	0,7
Azufre	3,8	Manganeso	2,5
Calcio	12,0	Molibdeno	0,5
Magnesio	3,0		

[†] Requerimientos mayormente provistos por la fijación biológica del N atmosférico.

Nitrógeno (N)

Las grandes cantidades de **N** requeridas por la alfalfa son provistas mayoritariamente desde la atmósfera a través de la simbiosis con la bacteria *Sinorhizobium meliloti*. Este proceso de fijación biológica se alcanza bajo adecuadas condiciones edáficas (aireación, profundidad, pH, etc.), incluyendo una correcta provisión de agua y de nutrientes, y una inoculación eficiente de las semillas. Los detalles de todo este proceso se discuten en el Capítulo 4 de esta publicación. Dado que el N es el principal constituyente de las proteínas, una adecuada nutrición nitrogenada de la planta contribuye a la expansión del área foliar, a una mayor eficiencia en el uso de la radiación y a una mejor calidad del forraje.

En la etapa de la implantación, la alfalfa responde negativamente al agregado de altas dosis de fertilizan-

CUADRO 2 – Clasificación del estado nutricional de la alfalfa sobre la base de rangos de concentración de nutrientes en hojas. Adaptado de Culot (11).

	Deficiente	Suficiente		Deficiente	Suficiente
Nutriente	g kg ⁻¹		Nutriente	mg kg ⁻¹	
Nitrógeno	<40,0	46,0 – 70,0	Manganeso	< 20,0	26 – 250
Fósforo	< 2,0	2,6 – 7,0	Hierro	< 20,0	31 – 300
Potasio	< 17,5	20,0 – 40,0	Boro	< 10,0	29 – 80
Calcio	< 2,5	5,1 – 30,0	Cobre	< 6,0	10 – 30
Magnesio	< 2,0	2,6 – 10,0	Molibdeno	< 0,5	1,1 – 4,0
Azufre	< 2,0	2,6 – 5,0	Zinc	< 10,0	21 – 70

tes nitrogenados, disminuyendo no sólo la densidad de plantas logradas y su capacidad de fijación simbiótica del N atmosférico (24), sino también su posterior producción de forraje (Figura 1). Por el contrario, en pasturas en producción se ha observado que la aplicación de N en el inicio de la primavera induce a una mayor tasa inicial de producción, con el consiguiente adelanto en la acumulación y la utilización del forraje (Figura 2). Este comportamiento, que se atribuye al decaimiento de la actividad de fijación biológica del N, ha sido observado bajo condiciones de secano en varios ambientes. En esas condiciones, se ha recomendado la aplicación de fertilizantes nitrogenados, pero luego del pastoreo para evitar daños fitotóxicos al follaje (42).

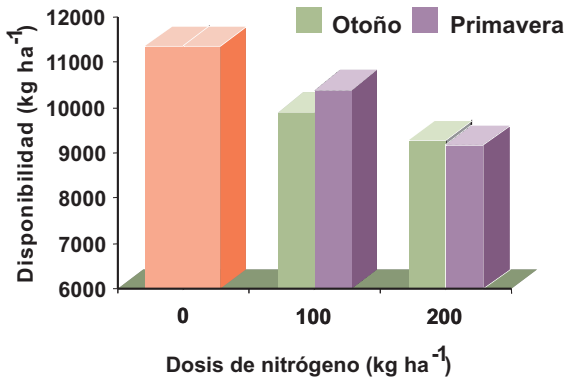


FIGURA 1 – Producción de biomasa aérea (kg ha⁻¹) de una pastura consociada de alfalfa y gramíneas templadas bajo condiciones de fertilización nitrogenada (valores promedio de cuatro fuentes de N). Adaptado de Díaz-Zorita y col. (14).

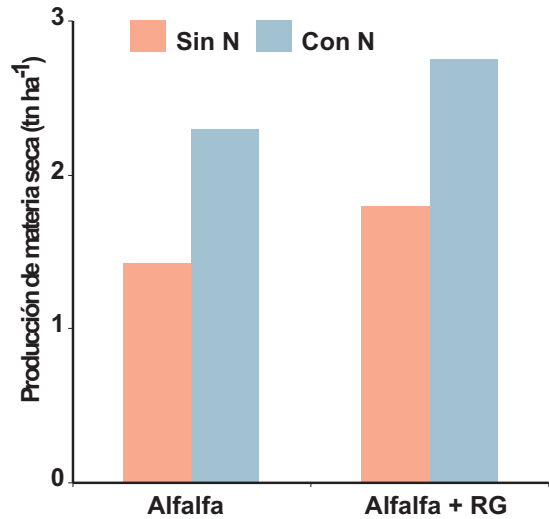


FIGURA 2 – Producción de forraje de pasturas de alfalfa pura o en mezcla con raigrás (RG) fertilizadas con urea en su cuarto año de vida sobre un suelo Hapludol Típico del oeste de Buenos Aires.

Los efectos fitotóxicos de los distintos fertilizantes nitrogenados sobre la población de plantas de alfalfa constituyen otro de los aspectos a considerar cuando se los utiliza durante la siembra de la pastura. Dosis relativamente altas de urea aplicadas en la misma línea de siembra reducen la cantidad de plantas logradas y la producción inicial de la pastura (Figura 3). El daño es de menor magnitud si se emplean otros fertilizantes o si se hacen aplicaciones de urea incorporadas en bandas y al costado de la línea de siembra. Los riesgos de fitotoxicidad son mayores si existen deficiencias hídricas en la capa de suelo donde se colocan las semillas y el fertilizante, y también en aquellos suelos con escasa capacidad de intercambio catiónico (CIC). Este último caso es muy frecuente en suelos de textura franca a arenosa y de moderado a bajo contenido de materia orgánica, lo que condiciona una baja capacidad para retener el amonio formado durante la disolución del fertilizante nitrogenado.

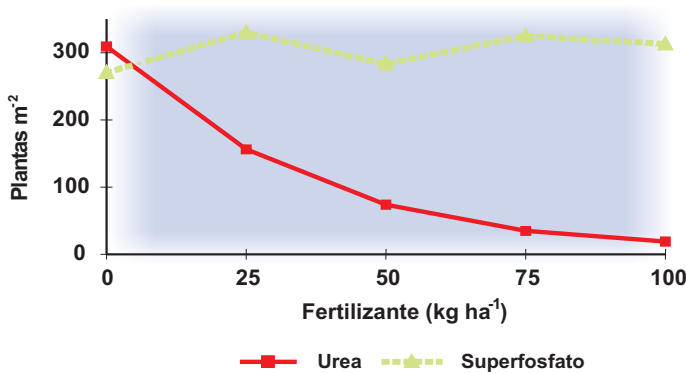


FIGURA 3 - Efecto tóxico de la urea y el superfosfato sobre el número de plántulas de alfalfa emergidas. Adaptado de Vivas (43).

Fósforo (P)

El P es un elemento fundamental en la nutrición de la alfalfa porque interviene en múltiples procesos, como el desarrollo de la

biomasa aérea y radical, la capacidad de nodulación y de fijación del nitrógeno atmosférico, el funcionamiento de regiones meristemáticas, la fotosíntesis, la síntesis de carbohidratos y proteínas, la transferencia de energía (ATP), etc. Una adecuada provisión de P es fundamental no sólo para la productividad de la planta sino también para su tolerancia a factores de estrés (ej. sequía) y su persistencia. El análisis de suelo, para determinar el nivel de P extractable, es una herramienta de utilidad para diagnosticar ambientes con potenciales necesidades de fertilización fosfatada (2). En general, la máxima productividad de gramíneas forrajeras se alcanza con menores niveles extractables de P del suelo que para leguminosas, y dentro de éstas son mayores las exigencias de la alfalfa (Cuadro 3).

CUADRO 3 - Rangos críticos de P extractable en el suelo (0 a 15 cm de profundidad), determinados por el método Bray Kurtz I, para distintas especies forrajeras.

Especie	Rango crítico (ppm)
Alfalfa	20 -30 †
Trébol blanco	15 -16 ‡
Trébol rojo	12 -14 ‡
Lotus (<i>L. corniculatus</i>)	10 -12 ‡
Gramíneas	8 -10 ‡

† Adaptado de Quintero y col. (36) y ‡ Adaptado de Bordoli (4).

Suelos con niveles de P extractable inferiores a 25 ppm, y pH neutro a ligeramente ácido, requieren del agregado de fertilizantes fosfatados para la correcta implantación y el desarrollo de la alfalfa (29, 30, 35). Estos niveles críticos son variables y dependen del nivel de producción y de la disponibilidad relativa de otros nutrientes (44). La información generada en ensayos de invernaáculo sugiere que, para lograr óptimos rendimientos de forraje, los niveles críticos de P en el suelo son mayores si están estimados con el agregado de otros elementos que cuando son calculados sólo con la aplicación de P (16).

La efectividad de las distintas fuentes con P depende no sólo de las propiedades del suelo (textura, pH y contenido de materia orgánica) sino también del tipo de fertilizante empleado y de su forma de aplicación. Además, las dosis a aplicar para el logro de aumentos en la producción de las pasturas depende del nivel de P detectado en el suelo. En el Cuadro 4 se presentan dosis orientativas de aplicación de superfosfato triple para la implantación o la refertilización de pasturas de alfalfa, estimadas a partir de la integración de estas características edáficas (36). El efecto residual de los fertilizantes fosfatados depende fundamentalmente de la dosis aplicada, del tipo de suelo y de la fuente de fertilizante empleada (5). En suelos con pH alcalino (mayor a 6,5) no se recomiendan aplicaciones con fuentes de baja solubilidad, porque presentan una reacción muy lenta. Por el contrario, para condicio-

CUADRO 4 - Dosis orientativas de fertilización con superfosfato triple (kg ha⁻¹) para obtener una máxima producción de forraje de alfalfa en diferentes tipos de suelo. La refertilización indicada se refiere a suelos con contenidos de P < 14 ppm.

P disponible (ppm)	Tipo de suelo		
	Franco arenoso a Arenoso (arcilla < 10 %)	Franco a Franco limoso (arcilla 10 a 30 %)	Franco arcilloso (arcilla > 30 %)
< 5	> 250	> 300	> 360
5 – 12	250 – 160	300 – 200	360 – 230
12 – 18	160 – 90	200 – 100	230 – 130
18 – 25	< 90	< 100	< 130
Refertilización	80	100	120

nes de pH neutro o ligeramente ácido no existen restricciones significativas en cuanto a la solubilidad de las fuentes de P. Los mejores resultados en la utilización de rocas fosfóricas (fosfato natural o fosforitas) se obtienen en suelos de pH inferior a 5,5. En suelos de baja acidez (pH de 5,5 a 6,5), si se quieren obtener respuestas similares a las obtenidas con el uso de superfosfato triple, las dosis de aplicación de rocas fosfóricas deberían incrementarse entre 30% y 50% respecto de las normalmente aconsejadas.

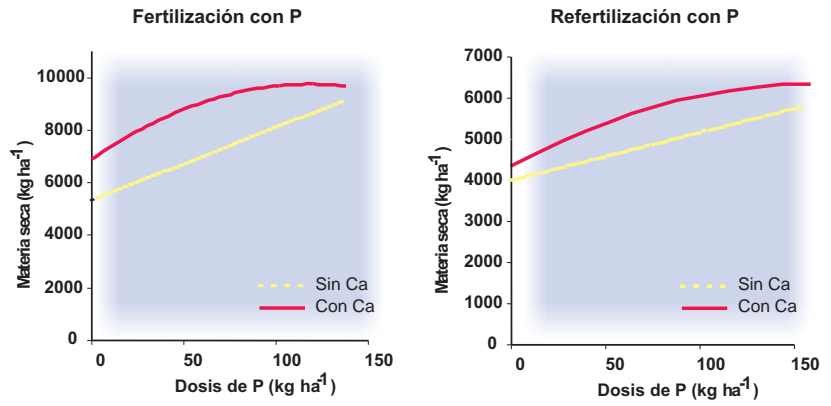


FIGURA 4 - Producción acumulada de materia seca de alfalfa en condiciones de fertilización (9 cortes) y refertilización (4 cortes) con P, con y sin enmienda cálcica. Adaptado de Vivas y Quaino (45).

La acidez del suelo no sólo condiciona la residualidad del fertilizante fosforado sino también la eficiencia de su aprovechamiento, tanto en aplicaciones localizadas en la siembra como en refertilizaciones (Figura 4). En general, dada la dinámica de movimiento del P en el suelo y el proceso de captación por las raíces (difusión), los tratamientos de refertilización fosfatada muestran menor eficiencia de aprovechamiento que las correcciones al momento de la siembra (Figura 5).

Azufre (S)

En pasturas de alfalfa adecuadamente nutridas con P (> 20 ppm) y con N (eficientemente inoculadas) se pueden detectar deficiencias de otros elementos cuya corrección induce a mejoras en la producción forrajera. En este contexto y en suelos de textura gruesa, típicos de la región de la pampa arenosa, se han descrito importantes contribuciones de aplicaciones de sulfato de amonio durante la implantación de alfalfares (Figura 6). En estos estudios también se determinó que el aporte por el uso de este fertilizante no sólo sería por el mejoramiento de la nutrición de la pastura *per se* sino

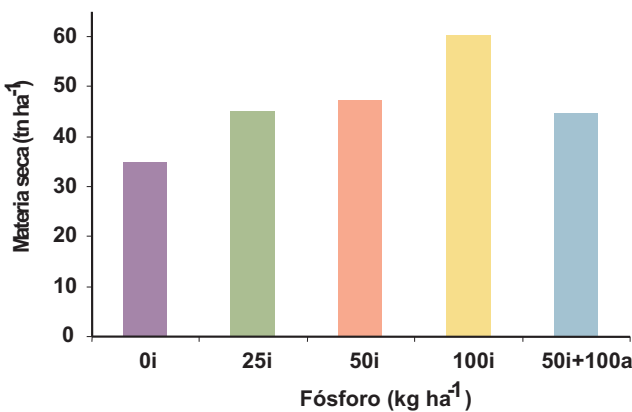


FIGURA 5 - Producción acumulada de materia seca de alfalfa en Balcarce según dosis de fertilización superficial con P aplicado en la implantación (i) o en forma anual (a). Adaptado de Berardo (3).

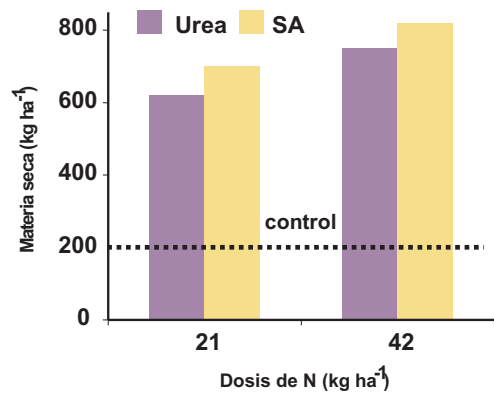


FIGURA 6 - Efecto de la fertilización con urea o con sulfato de amonio (SA) sobre la producción inicial de pasturas con alfalfa en la región de la pampa arenosa. Adaptado de Díaz-Zorita y Fernández Canigia (13).

también por el estímulo sobre la capacidad de nodulación de las plantas y su consiguiente impacto en la fijación biológica del N.

El S es un elemento con funciones afines a las del N, ya que integra la composición de varias proteínas y, por lo tanto, interviene en procesos asociados a la eficiencia de uso de la radiación y contribuye a la calidad del forraje, aportando proteínas esenciales para la nutrición animal. Es un elemento móvil que las plantas captan por el proceso de flujo

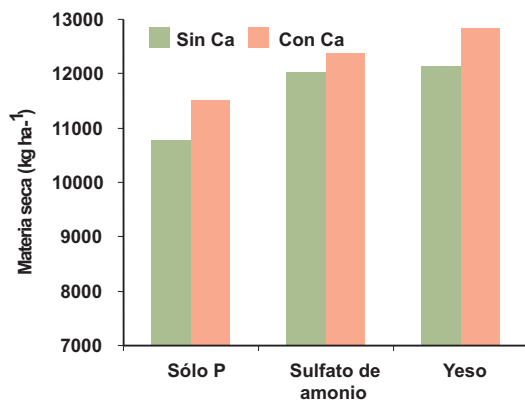


FIGURA 7 - Producción de forraje (kg MS ha⁻¹) de alfalfa con y sin cal, y fertilizada con 40 kg ha⁻¹ de P y 24 kg ha⁻¹ de S según dos fuentes azufradas. Adaptado de Vivas y Fontanetto (47).

masal al tomar el agua del suelo. En ese contexto, la única alternativa de reposición en los sistemas agropecuarios es el uso de fertilizantes azufrados. Dado que aún no se han desarrollado métodos confiables para el diagnóstico de necesidades de este elemento, las recomendaciones de fertilización se sustentan en la consideración y el ajuste de experiencias regionales. En la Región Pampeana se han informado efectos positivos de la aplicación de S en ambientes de la pampa arenosa, con suelos profundos y de moderado contenido de materia orgánica, y en la región centro-este de Santa Fe sobre pasturas de alta producción (19) (Figura 7).

Otros nutrientes

Tal como se presentó en el Cuadro 1, los requerimientos nutricionales de la alfalfa son altos y variados y no se circunscriben únicamente a N, P y S. No obstante, las experiencias sobre necesidades de fertilización con otros elementos en la Región Pampeana no sólo son escasas sino también de resultados variables. El potasio (K), además de intervenir en varios procesos metabólicos, juega un rol fundamental en el control no sólo del equilibrio hídrico de las plantas sino también en la regulación del pH y en la acción de numerosas enzimas. Si bien los suelos de la Región Pampeana aún se encuentran en general bien provistos de este elemento, se han detectado en los últimos años respuestas a la aplicación de fertilización potásica en sistemas de alta producción de alfalfa bajo riego (9).

Otro de los cationes que tiene un papel relevante en la producción de las plantas, principalmente por ser un componente crítico de la clorofila, es el magnesio (Mg). Por lo general, la disponibilidad de este elemento en gran parte de la Región Pampeana es abundante y no se han observado respuestas directas a su aplicación en la producción de la alfalfa. En la siguiente sección de este capítulo (Acidez y Encalado) se presentan y discuten los avances logrados respecto del manejo del calcio (Ca) y del Mg para la corrección de la acidez edáfica.

La denominación genérica de micronutrientes -en oposición a los macronutrientes- se reserva para un grupo de elementos que son requeridos en cantidades menores (Cuadro 1) pero que, sin embargo, suelen desempeñar roles muy significativos en muchos procesos de regulación y crecimiento de las plantas (23). Tanto la expansión del área cultivada como la intensificación de los sistemas productivos, principalmente hacia el

CUADRO 5: Rangos aproximados de interpretación de niveles extractables de cinco micronutrientes en suelo para la producción de alfalfa. Todos los microelementos fueron extraídos con DTPA. Adaptado de Koenig y col. (28).

	Provisión		
	Baja	Marginal	Adecuada
Micronutriente	— ppm—		
Zinc (Zn)	<0,8	0,8-1,0	>1,0
Hierro (Fe)	<3,0	3,0-5,0	>5,0
Cobre (Cu)	<0,2	–	>0,2
Manganeso (Mn)	<1,0	–	>1,0
Boro (B)	<0,25	0,25-0,5	>0,5

matología de las plantas es todavía más compleja, debido a que -en la mayoría de los casos- una clara manifestación es sólo observable bajo condiciones extremas de deficiencia (48), situación todavía muy poco frecuente en los suelos de la Región Pampeana.

En ambientes de alta producción de la región centro-este de Santa Fe se obtuvieron efectos positivos con aplicaciones de fuentes líquidas de boro (B), a razón de 2 kg ha⁻¹ divididos en 4 aplicaciones durante el primer año de producción (Figura 8). El B interviene en los procesos de división celular y su deficiencia afecta directamente la capacidad de producción de forraje, al limitar la tasa de crecimiento de las raíces y la nodulación del cultivo. También se han detectado resultados similares a la aplicación de este elemento en áreas del oeste de la provincia de Buenos Aires, en suelos de textura arenosa. No obstante, estas situaciones no son lo suficientemente generalizadas como para justificar su recomendación masiva en los planteos tradicionales de producción.

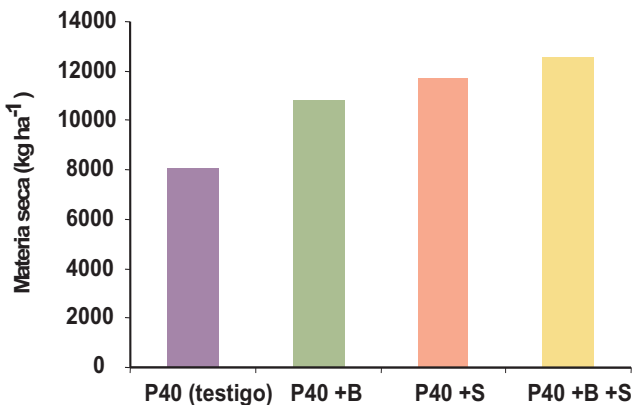


FIGURA 8 - Producción acumulada (8 cortes) de materia seca de alfalfa con una fertilización base de P (40 kg ha⁻¹) y aplicaciones de S (12 kg ha⁻¹) y B líquido (2 kg ha⁻¹) en la EEA INTA Rafaela. Adaptado de Vivas (46).

Sintetizando todo lo anterior, podría concluirse que la conveniencia de la fertilización con micronutrientes en alfalfa todavía no está lo suficientemente probada. Si bien podrían existir ambientes específicos donde sería aconsejable, deberían también determinarse las necesidades reales de uso y las alternativas de manejo para su aplicación (dosis, formulaciones, tipos de tratamientos y frecuencia de la fertilización).

norte de la Región Pampeana, han incrementado recientemente la frecuencia de detección de niveles deficitarios de microelementos (32). Lamentablemente, el diagnóstico de estas condiciones deficitarias no es una tarea simple, en particular por la ausencia de una valoración confiable de los niveles críticos en cada caso. A modo de orientación, se resumen en el Cuadro 5 los rangos indicativos de disponibilidad para algunos microelementos, a efectos de proveer un marco de referencia para la interpretación de los análisis de suelo. La realización de diagnósticos de deficiencias sobre la base de la sintomatología de las plantas es todavía más compleja, debido a que -en la mayoría de los casos- una clara manifestación es sólo observable bajo condiciones extremas de deficiencia (48), situación todavía muy poco frecuente en los suelos de la Región Pampeana.

En la EEA INTA Manfredi, la aplicación de un fertilizante foliar que contenía B, cobalto (Co), molibdeno (Mo) y zinc (Zn), no incrementó el rendimiento de forraje de la alfalfa a lo largo de una temporada de evaluación (*D. Basigalup, comunicación personal*).

En la EEA INTA Manfredi, la aplicación de un fertilizante foliar que contenía B, cobalto (Co), molibdeno (Mo) y zinc (Zn), no incrementó el rendimiento de forraje de la alfalfa a lo largo de una temporada de evaluación (*D. Basigalup, comunicación personal*).

“El Cultivo de la Alfalfa en la Argentina” constituye el más completo y actualizado tratado sobre la alfalfa en los países de habla hispana. Está destinado no sólo a profesionales, estudiantes de Agronomía y Veterinaria y productores ganaderos, sino también a toda persona interesada en esta valiosa forrajera. En él se resumen todos los avances científico-tecnológicos conseguidos por el INTA durante la última década. Cerca de cuarenta investigadores vuelcan sus conocimientos y experiencias en el tratamiento exhaustivo de temas tan variados como la morfología; el uso del agua y la radiación; la fijación simbiótica del Nitrógeno; el mejoramiento genético; la biotecnología aplicada al desarrollo de variedades; la selección asistida por marcadores moleculares para la resistencia a enfermedades; la evaluación de cultivares; la siembra directa; el manejo de insectos perjudiciales, enfermedades y malezas; la fertilización y el encalado; el manejo para la producción de carne y leche; la suplementación para la producción de carne; la conservación del forraje; el control del meteorismo; y la producción de semilla.

Los diversos aspectos del cultivo son tratados con la adecuada profundidad y el necesario rigor científico, incluyendo revisiones bibliográficas actualizadas y el desarrollo de los fundamentos básicos para la definición de prácticas concretas y de directa aplicación por parte de los productores ganaderos. Todo lo anterior está asistido por una gran cantidad de cuadros, fotos y figuras en color que facilitan la interpretación de la lectura y otorgan a la obra un valor adicional.

ISBN: 978-987-521-242-8



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Rivadavia 1439 (CPA C1033AAE)- Buenos Aires, Argentina