

Rendimiento y composición mineral del forraje de una pradera permanente fertilizada con magnesio⁽¹⁾

Oscar Balocchi⁽²⁾, Dante Pinochet⁽²⁾, Fernando Wittwer⁽³⁾, Pedro Contreras⁽³⁾, Rodrigo Echeverría⁽²⁾ y Francisco Guzmán⁽²⁾

Resumen – Como una alternativa de manejo agronómico de la hipomagnesemia en rebaños a pastoreo se estudió, durante dos años, el efecto de la fertilización magnésica (0, 24, 48 y 96 kg ha⁻¹ año⁻¹ de Mg) sobre la concentración de magnesio, calcio, potasio y sodio y sus relaciones en la materia seca del forraje cosechado de una pradera permanente compuesta por *Lolium perenne* y *Trifolium repens*. El ensayo se realizó en un suelo Hapludand (Serie Valdivia) con un nivel inicial de 0,8 cmol_c kg⁻¹ de Mg. No se detectó un efecto de la fertilización magnésica sobre la producción de materia seca de la pradera, pero la concentración de magnesio en la materia seca se incrementó proporcionalmente a la dosis de magnesio aplicada. Considerando el promedio ponderado anual el aumento de la concentración de magnesio fue de 0,006 y 0,012 g kg⁻¹ de materia seca por cada kg de magnesio aplicado, durante el primero y segundo año, respectivamente. La fertilización magnésica disminuyó la concentración de calcio, pero no afectó la concentración de potasio ni de sodio en la materia seca del forraje cosechado. Las relaciones entre Ca/Mg, K/Mg y Na/Mg en general disminuyeron en la medida que aumentó la dosis de fertilización con magnesio.

Términos para índice: abonos, contenido de materia seca, manejo de praderas.

Yield and forage mineral composition of a permanent pasture fertilized with magnesium

Abstract – This research was conducted for two years to evaluate magnesium fertilizer application (0, 24, 48 and 96 kg ha⁻¹ year⁻¹ of Mg) on a permanent pasture composed by *Lolium perenne* and *Trifolium repens* as an agronomic alternative of hypomagnesaemia management in grazing herds. The effect on magnesium, calcium, potassium and sodium concentration in the pasture dry matter and the ratio between cations were evaluated. The research was carried out on an Hapludand (Valdivia serie) with an initial available magnesium content of 0.8 cmol_c kg⁻¹. Pasture dry matter production was not affected by magnesium fertilization, nevertheless, the concentration of magnesium in the pasture dry matter increased proportionally to the magnesium applied. A weighed average showed an increase of 0.006 and 0.012 g kg⁻¹ of dry matter for each kg of magnesium applied during the first and second year, respectively. In addition, the magnesium fertilization decreased the calcium dry matter concentration, but it did not affect potassium and sodium dry matter concentration. The ratios between calcium/magnesium, potassium/magnesium and sodium/magnesium decreased with the increase of the magnesium fertilization rate.

Index terms: fertilizers, dry matter content, grassland management.

Introducción

En la zona Sur de Chile la pradera permanente en pastoreo directo constituye el recurso más utilizado

en la alimentación del ganado bovino (Balocchi, 1999). En este recurso es deseable que se encuentren incorporados la mayor parte de los nutrientes que el animal requiere para su crecimiento y producción. Sin embargo, producto de una inadecuada concentración de Mg en el forraje y sus relaciones con la concentración de K, se genera con frecuencia, en rumiantes en pastoreo, la alteración metabólica hipomagnesemia o tetania de los pastos, que afecta a rebaños con manejo intensivo y de pequeños productores de leche (Contreras et al., 1996).

⁽¹⁾ Aceptado para publicación en 30 de octubre de 2000.

⁽²⁾ Universidad Austral de Chile (UACH), Facultad de Ciencias Agrarias, Casilla 567 Valdivia, Chile. E-mail: obalocch@uach.cl, pinochet@uach.cl, seproani@uach.cl

⁽³⁾ UACH, Facultad de Ciencias Veterinarias. E-mail: fwittwer@uach.cl, pcontrer@uach.cl

Según Wittwer et al. (1997), la hipomagnesemia afecta como una alteración metabólica de carácter subclínico a un porcentaje elevado de animales en un grupo mantenido en condiciones similares de manejo. En Chile, la prevalencia estimada es de 7% y en la Décima Región es del 12%, zona donde se encuentra la mayor concentración de la masa ganadera del país. Desde fines de otoño a inicios de primavera, el 38% de las vacas con decúbito de origen metabólico en el sur de Chile presentan hipomagnesemia, con una mayor ocurrencia a fines de gestación y en las primeras semanas de lactancia (Wittwer et al., 1993). Estos antecedentes demuestran la importancia de definir medidas de prevención para evitar las pérdidas económicas que provoca. Con este propósito, Wittwer et al. (1995) demostraron la eficacia de la administración oral a los animales de óxido de Mg y sulfato de Mg para recuperar los valores sanguíneos de Mg en vacas con hipomagnesemia inducida mediante ayuno. Sin embargo, el control de la hipomagnesemia en animales en pastoreo se hace particularmente difícil debido a lo repentino de la presentación de esta afección y a la dificultad de mantener una ingesta adecuada de Mg por medio de un sistema eficiente y práctico de suplementación.

En el desarrollo de los sistemas ganaderos se utiliza cada vez más a la pradera como fuente base de alimento, reduciendo la dependencia de concentrados. Esto transforma, en muchos casos, a la pradera en la única fuente nutricional haciendo que el balance de Mg del animal sea dependiente del contenido y disponibilidad de los minerales en el forraje consumido (Moseley & Baker, 1991). Además, recientemente se ha enfatizado la necesidad de administrar el Mg en forma continua y en la cantidad requerida en el período de riesgo. El problema de agregar sales de Mg es que estas alteran la palatabilidad de la ración (Wittwer et al., 1997). En adición, el exceso en el consumo de Mg no solo constituye un gasto innecesario, ya que no ayuda a formar reservas orgánicas, sino que incluso puede llegar a ser peligroso, ya que compite con la absorción de Ca y P (Payne, 1981).

Las estrategias de suplementación magnésica son más factibles de utilizar en vacas de lechería debido al acceso directo a los animales, en los momentos de

ordeña. En el ganado de carne la suplementación con Mg ha sido efectiva en reducir la incidencia de casos clínicos o muertes por tetania hipomagnésica (Wittwer et al., 1997). Sin embargo, en ganado alimentado exclusivamente en base a pastoreo de praderas se dificulta su prevención, dado que se requiere de un procedimiento que permita el consumo voluntario de las fuentes de Mg y se pierde el control de la cantidad ingerida por los animales (Wittwer et al., 1997).

La presente investigación tuvo el objetivo de determinar el efecto de la fertilización magnésica sobre la producción anual de materia seca de la pradera, el contenido de Mg del forraje a través del año y las concentraciones de Ca, K y Na en la materia seca del forraje cosechado.

Material y Métodos

La investigación se realizó en el predio experimental Vista Alegre de la Universidad Austral de Chile, entre mayo de 1992 a abril de 1994. El sitio del ensayo corresponde a un suelo serie Valdivia (Typic Hapludand), de topografía ligeramente ondulada y sin problemas de drenaje. El clima del sector se caracteriza por una temperatura promedio anual de 12,1°C, con un valor medio mensual máximo de 16,9°C en enero y un mínimo de 7,6°C en julio. La precipitación promedio anual es de 2.500 mm. Los valores de precipitación mensual durante el periodo experimental se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Precipitación mensual (mm) durante el periodo experimental (mayo de 1992 a abril de 1994) y promedio mensual de 35 años en el agroecosistema de Valdivia.

Mes	Año 1	Año 2	Promedio 35 años
Mayo	392,7	464,2	369
Junio	408,0	501,9	408
Julio	209,6	489,1	380
Agosto	193,4	155,2	316
Septiembre	217,9	114,5	211
Octubre	273,4	133,1	125
Noviembre	71,7	61,5	128
Diciembre	148,3	211,8	110
Enero	41,2	15,6	64
Febrero	12,4	18,0	68
Marzo	247,7	28,6	107
Abril	402,5	200,3	220
Total	2.372,8	2.393,8	2.506

El ensayo fue establecido en un sitio que presentó un valor inicial de Mg intercambiable de $0,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, ligeramente ácido y con una suma de bases de $5,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Sobre una pradera permanente mixta sembrada en marzo de 1992 se aplicaron los tratamientos de fertilización magnésica en cobertura. El fertilizante utilizado fue óxido de Mg y aplicado en abril de ambos años. La composición botánica de la pradera fue de *Lolium perenne* cv. Nui y *Trifolium repens* cv. Huia.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos correspondieron a 0, 24, 48 y $96 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de Mg. La fertilización basal en la siembra correspondió a 48 kg ha^{-1} de P (como superfosfato triple), 50 kg ha^{-1} de K (como muriato de K), 54 kg ha^{-1} de N y 6 kg ha^{-1} de Mg (como nitromag). Adicionalmente, se aplicaron 45 kg ha^{-1} de N, 96 kg ha^{-1} de P y 198 kg ha^{-1} de S (como superfosfato normal) en septiembre del primer año y en el segundo año 70 kg ha^{-1} de N (como salitre sódico), 52 kg ha^{-1} de P (como superfosfato triple), 50 kg ha^{-1} de K y 12 kg ha^{-1} de S (como sulfato de K) en agosto de 1993.

El forraje fue cosechado cada 30 días o cuando la pradera alcanzaba 20 cm de altura, simulando un manejo de pastoreo. Se dejó como altura de residuo 4 cm. Los cortes fueron realizados mediante una segadora Quantum modelo Garden Pride 21". El forraje cosechado fue pesado en fresco y secado por 48 horas a 60°C en una estufa de aire forzado. El contenido de Ca, Mg, Na y K se determinó en submuestras del forraje seco, mediante calcinación y posterior determinación por espectrofotometría de absorción atómica (Rowell, 1996). En abril del año 1992 y 1994 se colectaron muestras de suelo de 0-20 cm de profundidad, para evaluar la variación en la disponibilidad de las bases de intercambio. Estas fueron determinadas por extracción en acetato de amonio 1 M, pH 7 y posterior determinación por espectrofotometría de absorción atómica (Rowell, 1996).

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación entre medias con el test de Waller-Duncan, considerando un nivel de significancia de $P < 0,05$. Para estos análisis se utilizó el programa estadístico SAS (v 5.0).

Resultados y Discusión

Los promedios totales anuales de producción de materia seca en los distintos tratamientos de fertilización con Mg se presentan en el Cuadro 2. No se observó un efecto de la fertilización magnésica sobre el rendimiento de materia seca de la pradera durante los dos años de estudio. Los valores de producción obtenidos están

dentro del rango esperado para las praderas permanentes del agrosistema de Valdivia, con un sistema de corte frecuente y para una fertilización nitrogenada media (Pinochet, 1999). La falta de respuesta a la fertilización con Mg está en concordancia con el nivel inicial de Mg intercambiable del suelo, el cual se encuentra no limitando la productividad de las praderas (Pinochet, 1989). Estos resultados son concordantes con los obtenidos por McNaught et al. (1968), Metson & Saunders (1978) y Sierra (1992) en ensayos de fertilización magnésica de praderas mixtas bajo pastoreo. Dado que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos de Mg, en la Figura 1 se muestra la distribución mensual de la tasa promedio de crecimiento de la pradera con su respectiva desviación estándar, en los dos años de evaluación.

La curva de la tasa de crecimiento observada es similar a la descrita para las praderas permanentes de esta zona con un estrés hídrico estival. El crecimiento invernal durante el primer año fue de alrededor de $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de MS y fue diferente

Cuadro 2. Producción de materia seca anual de los tratamientos durante el periodo experimental⁽¹⁾.

Tratamiento (kg ha^{-1} de Mg)	Año 1992/93 -----($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de MS)-----	Año 1993/94
0	10.995a	8.852a
24	10.057a	8.895a
48	10.534a	8.882a
96	11.086a	8.686a

⁽¹⁾Promedios de igual letra en la columna son estadísticamente iguales ($p > 0,05$).

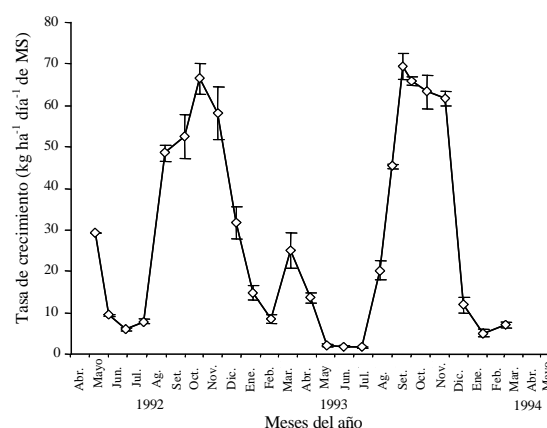


Figura 1. Distribución mensual de la tasa promedio de crecimiento de la pradera, durante dos años de evaluación.

del observado en el segundo año en que los valores fueron muy inferiores (aproximadamente $2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de MS). Es posible que la frecuente defoliación a que fue sometida la pradera haya afectado el crecimiento invernal en éste año, no permitiéndole una adecuada recuperación, o que haya existido un posible efecto negativo de la excesiva precipitación registrada ese año durante los meses invernales. Esta fue de 298 mm más que lo registrado en un año normal para los meses de mayo, junio y julio y de 495 mm más que lo registrado en el primer año de evaluación (Figura 1). Desafortunadamente, esta última hipótesis no pudo ser corroborada ya que no existen estudios nacionales que muestren el efecto del exceso de la precipitación sobre el crecimiento invernal. El crecimiento primaveral, en ambos años, comenzó en las primeras semanas de agosto, alcanzado un máximo de aproximadamente $70 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de MS hacia fines de octubre a primeros días de noviembre, en el primer año y hacia mediados de octubre, en el segundo año. Esta alta tasa de crecimiento fue mantenida hasta diciembre, desde donde decae bruscamente para alcanzar una baja tasa de crecimiento en verano, cuyo mínimo está en el mes de febrero. Después del estrés hídrico estival y producto del incremento de las precipitaciones durante los meses de marzo, abril y mayo se observó un nuevo incremento en la tasa de crecimiento en el año 1993. Este incremento alcanzó un valor de $28 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de MS en el mes de abril. La menor tasa observada en otoño de 1994 se debió a una prolongación del período de sequía estival (Cuadro 1).

En el Cuadro 3 se muestran los valores de concentración relativa de Mg en la materia seca a través de los dos años de duración del experimento. La fertilización con Mg aumentó significativamente el contenido de Mg en el forraje inmediatamente después de las aplicaciones durante el periodo de estudio (mayo de 1992 y mayo de 1993). Este efecto puede deberse a que en el primer corte posterior a la aplicación, quede un remanente de fertilizante adherido al follaje, el cual afectó el valor de concentración medido. Esto explicaría la más alta concentración observada en el corte del 20 de mayo de 1993 que llegó a valores de $7,3 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg en la dosis de 96 kg ha^{-1} de Mg. Sin embargo, estos valo-

res son de utilidad agronómica ya que representan el contenido de Mg del forraje que estaría disponible para consumo animal. La variación observada en la concentración de Mg entre el tratamiento sin Mg y los fertilizados, muestran un incremento proporcional a la dosis de Mg aplicada. El efecto de la primera aplicación realizada posterior al corte de homogenización mostró un incremento de 0,37, 0,77 y 0,93 para los tratamientos 24, 48 y 96 kg ha^{-1} de Mg. Este efecto, durante el segundo año, medido 15 días posterior a la aplicación del fertilizante, produjo un aumento de 0,94, 2,07 y $4,27 \text{ g kg}^{-1}$ de MS, respectivamente. Los efectos observados en los meses posteriores al primer corte posterior a la

Cuadro 3. Promedio de la concentración de magnesio (g kg^{-1} de materia seca) en el forraje para cada tratamiento por corte y promedio ponderado anual, en dos años de evaluación⁽¹⁾.

Fecha de corte	Tratamiento ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de Mg)			
	0	24	48	96
	Año 1			
19/5/92	1,60a	1,60a	1,60a	1,60a
17/6/92	2,70b	3,07ab	3,47a	3,63a
15/7/92	2,00b	2,37a	2,47a	2,47a
17/8/92	2,50b	2,87a	2,90a	2,93a
25/9/92	3,27a	3,27a	3,67a	3,60a
20/10/92	3,47a	3,33a	3,57a	4,00a
16/11/92	2,83b	2,90b	2,93b	3,37a
19/12/92	3,00b	3,03b	3,36ab	3,64a
14/1/93	3,59b	3,95ab	4,20a	4,14ab
15/2/93	3,44a	3,57a	3,57a	3,87a
15/3/93	2,89b	3,02b	3,10b	3,43a
20/4/93	2,84c	2,97bc	3,57ab	3,89a
Promedio ponderado	2,96c	3,13bc	3,34ab	3,54a
	Año 2			
20/5/93	3,00b	3,94b	5,07ab	7,27a
17/6/93	2,78d	3,31c	3,61b	4,11a
15/7/93	2,51c	3,03b	3,27b	3,92a
16/8/93	1,90c	2,23bc	2,53b	2,95a
13/9/93	1,94d	2,24c	2,43b	2,76a
30/9/93	1,83c	2,19b	2,45ab	2,67a
14/10/93	2,14c	2,50bc	2,86ab	2,92a
3/11/93	2,19c	2,56b	2,63b	2,98a
3/12/93	2,37b	2,67b	2,65b	3,21a
3/1/94	3,11c	3,51bc	3,93ab	4,32a
3/2/94	3,15a	2,98a	3,38a	3,33a
7/3/94	2,69a	2,52a	2,77a	2,78a
20/4/94	2,47b	2,70b	2,85b	3,44a
Promedio ponderado	2,47d	2,80c	3,11b	3,59a

⁽¹⁾Promedios de igual letra en la fila son estadísticamente iguales ($p > 0,05$) por el test de Waller-Duncan.

aplicación del fertilizante, se consideran como cambios en la concentración de Mg foliar producidos por la absorción de Mg del suelo. Durante los meses de invierno, de ambos años, la fertilización produjo un incremento significativo de la concentración de Mg en la materia seca de la pradera. Este incremento fue más pronunciado en el segundo año, en que las concentraciones varían entre 2,5 g kg⁻¹ de MS en el tratamiento 0 hasta 3,9 g kg⁻¹ de MS en el tratamiento 96 kg ha⁻¹ de Mg. Este aumento pudo deberse al efecto acumulado de las dos aplicaciones de Mg al suelo y al efecto producido por el Mg aplicado en la fertilización basal, antes del establecimiento del ensayo.

Durante la primavera-verano, sin déficit hídrico evidente (septiembre, octubre, noviembre y diciembre) se mantuvo la diferencia entre los tratamientos fertilizados y de éstos comparados con el tratamiento sin fertilización. Al igual que lo observado en invierno el efecto fue significativamente mayor durante el segundo año. Durante los meses de verano afectados por el estrés hídrico (enero y febrero del año 1993 y enero, febrero y marzo del año 1994), no se detectaron diferencias significativas en la concentración de Mg en el forraje debido a los tratamientos. Parecería ser que el estrés hídrico afectó la absorción de Mg por las plantas desde el suelo. Finalmente en abril, cuando el estrés hídrico es superado, las diferencias en concentración de Mg en la materia seca debida a los tratamientos de fertilización vuelven a ser estadísticamente significativas.

Un análisis de la concentración promedio ponderada a través de la producción de todo el año muestra diferencias significativas para los tratamientos de fertilización, siendo estos estadísticamente diferentes para cada tratamiento en el segundo año. El aumento relativo por sobre la concentración de Mg del tratamiento 0 kg ha⁻¹ de Mg permite calcular que la concentración promedio aumenta en 0,006 y 0,012 g kg⁻¹ de MS por cada kg ha⁻¹ año⁻¹ de Mg aplicado en el primero y segundo año, respectivamente (Cuadro 3).

En el Cuadro 4 se muestra el promedio ponderado anual de las concentraciones de Ca, K y Na en el forraje cosechado en cada tratamiento de fertilización con Mg.

Para el Ca se observa una disminución significativa de la concentración en la medida que aumenta la dosis

de fertilización con Mg, en el segundo año de evaluación. Analizados los datos mediante regresión se puede observar que en ambos años existió un efecto depresor de la fertilización con Mg sobre la concentración de Ca en el forraje (Año 1: $y = -0,0063x + 5,25$; $r^2 = 0,93$ y Año 2: $y = -0,0087x + 4,296$; $r^2 = 0,99$). Efectos depresores de la concentración de Ca por altas concentraciones de otros cationes han sido reportadas por Marschner (1995).

La Figura 2 muestra la evolución mensual de la concentración de Ca en el forraje cosechado durante

Cuadro 4. Efecto de la fertilización con Mg en el contenido de calcio, potasio, sodio, y en las relaciones Ca/Mg, K/Mg y Na/Mg del forraje cosechado, en dos años⁽¹⁾.

Tratamiento (kg ha ⁻¹ Mg)	Año 1992/93			Año 1993/94		
	Calcio	Potasio	Sodio	Calcio	Potasio	Sodio
	(g de nutriente por kg de materia seca)					
0	5,18a	36,7a	2,59a	4,27a	29,2A	3,28a
24	5,14a	33,4b	2,61a	4,13a	28,0A	3,18a
48	5,03a	34,2b	2,55a	3,87ab	28,7A	3,03a
96	4,60a	36,3a	2,66a	3,46b	28,5A	2,86a
	Relaciones entre nutrientes					
	Ca/Mg	K/Mg	Na/Mg	Ca/Mg	K/Mg	Na/Mg
0	1,75	12,4	0,88	1,73	11,8	1,33
24	1,64	10,7	0,83	1,48	10,0	1,14
48	1,51	10,2	0,76	1,24	9,2	0,97
96	1,30	10,3	0,75	0,96	7,9	0,80

⁽¹⁾Promedios de igual letra en la columna son estadísticamente iguales ($p > 0,05$).

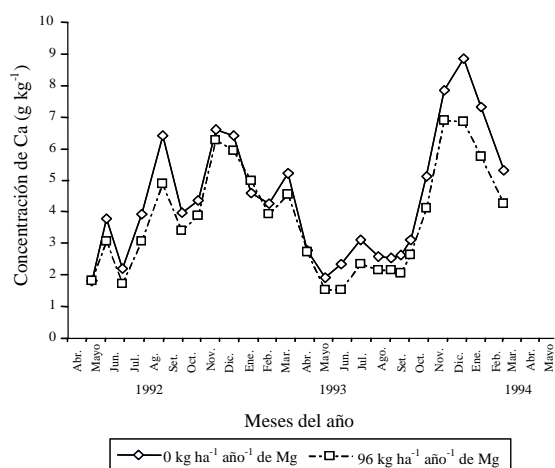


Figura 2. Evolución mensual de la concentración de calcio en el forraje durante dos años para el tratamiento sin fertilización con Mg y el tratamiento 96 kg ha⁻¹ año⁻¹ de Mg.

dos años para el tratamiento sin fertilización con Mg y para el tratamiento 96 kg ha⁻¹ año⁻¹ de Mg.

Se observa que la concentración de Ca en el tratamiento con fertilización con Mg disminuyó con respecto al control sin fertilización con Mg, aunque la tendencia en variación estacional fue similar. Los mayores valores de Ca en el forraje en ambos años fue en los meses de noviembre, diciembre y enero. Este patrón de distribución estacional difiere de lo observado por Cuevas et al. (1983) y Anrique (1995), en que la concentración de Ca alcanzó un mínimo en estos meses con valores de 2 g kg⁻¹ de MS. Esta diferencia podría ser explicada, al menos parcialmente, por la diferente composición botánica de las praderas evaluadas. En este estudio el porcentaje de leguminosas medido en el mes de noviembre fue en promedio de los tratamientos de 25,1% (Echeverría, 1995; Guzmán, 1996). Este porcentaje de leguminosa es más alto que el usualmente encontrado en las praderas permanentes del sur de Chile, que es menor al 10% para esta misma época (Balocchi & Olivares, 1992). Los menores valores de concentración de Ca se presentaron en mayo junto al rebrote otoñal. En este caso los valores son coincidentes con los reportados por Cuevas et al. (1983) y Anrique (1995). Por otra parte, la distribución anual de este elemento reportada por Metson & Saunders (1978) coinciden con los niveles extremos observados en este estudio, con mínimos en invierno y máximos en verano. Sin embargo, no existe consenso respecto a las variaciones estacionales del Ca. En este sentido, las investigaciones de otros autores señalan cambios poco consistentes y evoluciones fluctuantes, no existiendo un modelo que caracterice su comportamiento anual (Spedding & Diekmahns, 1972).

La concentración de K en el forraje tendió a mantenerse constante en los diferentes niveles de fertilización con Mg en ambos años, a pesar que variaciones significativas fueron detectadas para el primer año, pero que no mostraron una tendencia definida y no se mantuvieron en el segundo año. La concentración de K es alrededor de diez veces superior a la concentración de Mg, por lo cual parece poco probable que la fertilización magnésica pueda afectar significativamente el contenido de K.

La Figura 3 muestra la concentración promedio de K y su desviación estándar observada durante los dos años de evaluación. Los valores de K de 35,2 y 28,6 g kg⁻¹ de MS son mayores a los observados por Cuevas et al. (1983) para praderas permanentes de la zona sur con valores cercanos a 10 g kg⁻¹ de MS. Esta diferencia podría estar explicada por el alto nivel de K intercambiable (Cuadro 5) al inicio del ensayo y a la fertilización potásica utilizada. Los mayores valores de K se presentan en mayo y septiembre en el primer y segundo año respectivamente, disminuyendo hasta alcanzar un mínimo el mes de enero de ambos años. Esta tendencia estacional es similar a la reportada por Cuevas et al. (1983) y estaría explicada por la ontogenia de las especies constituyentes de la pradera. Además se observó una declinación general en el contenido de K del forraje cosechado desde el inicio al final del

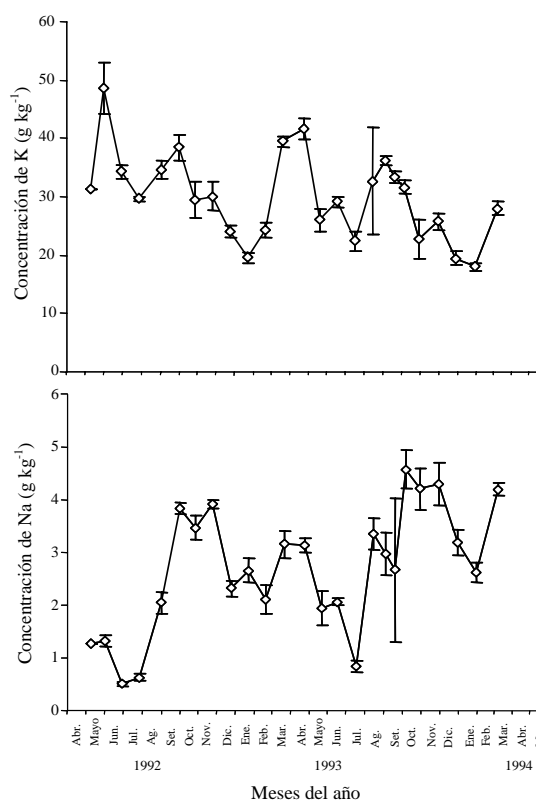


Figura 3. Evolución mensual de la concentración de potasio y de sodio en el forraje durante dos años para el promedio de los tratamientos.

ensayo. Esta disminución es coincidente con una declinación en el contenido de K intercambiable del suelo a pesar de la fertilización potásica aplicada, indicando que esta fue insuficiente para mantener el nivel de K del suelo, dada la alta extracción de este nutriente en el forraje cosechado.

La concentración de Na en el forraje no fue afectada por los niveles de fertilización con Mg, en ambos años de evaluación (Cuadro 4). La Figura 4 muestra la evolución de la concentración de Na en el forraje a través del periodo de evaluación. Al observar la distribución estacional de ambos años de evaluación, se evidencia un aumento de la concentración de este elemento en el forraje a partir del inicio de primavera, alcanzando valores máximos en esta estación. Los valores mínimos en ambos periodos de estudio se presentan en el mes de julio. Esta tendencia difiere a lo observado por McNaught et al. (1968) y Metson & Saunders (1978) quienes indican que el Na no seguiría una tendencia estacional clara en gramíneas y leguminosas ya que sus niveles fluctuarían en forma aleatoria. La tendencia general, durante los dos años de evaluación, fue de un incremento del contenido promedio de Na en el forraje, lo que pudo haber sido causado por la fertilización nitrogenada con nitrato de Na y evidenciado, además, en el aumento del contenido de Na intercambiable en el suelo (Cuadro 5).

Las relaciones promedio anual entre Ca, K y Na con respecto a Mg (Cuadro 4), muestran un decrecimiento en la medida que aumenta la fertilización con Mg. La relación Ca/Mg varía desde

Cuadro 5. Contenido de nutrientes disponibles en el suelo al inicio y término del ensayo.

Parámetro	Abril 1992 (inicio)	Abril 1994 (término)
pH (agua 1:2,5)	5,8	5,8
Materia orgánica (%)	11,1	9,7
N mineral (mg kg^{-1})	9,6	12,6
P aprovechable (mg kg^{-1})	4,0	12,2
K intercambiable (mg kg^{-1})	352,0	156,0
Na intercambiable ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,23	0,31
Ca intercambiable ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	3,20	3,33
Mg intercambiable ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)		
0 kg ha^{-1} de Mg	0,80	0,62 \pm 0,08
24 kg ha^{-1} de Mg		0,83 \pm 0,19
48 kg ha^{-1} de Mg		1,05 \pm 0,11
96 kg ha^{-1} de Mg		1,47 \pm 0,34

1,75 a 0,96 durante los dos años de estudio, dependiendo de la dosis de Mg aplicada. La relación Na/Mg varió de 1,33 a 0,75 dependiendo del nivel de fertilización con Mg y de la dosis de Na aplicada. De acuerdo a estos resultados existe la posibilidad de modificar, al menos parcialmente, las relaciones entre los cationes a través de la fertilización, dependiendo del contenido del nutriente en el suelo. Dentro de las relaciones entre cationes la relación K/Mg es determinante en el riesgo de ocurrencia de la hipomagnesemia (Sykes, 1993; Wittwer, 1996). La Figura 4 muestra la variación observada, a través del periodo de evaluación de la relación K/Mg para los tratamientos 0 y 96 kg ha^{-1} de Mg. La tendencia general a través de los dos años es similar, mostrando una variación estacional la cual alcanza los mayores valores en los meses de otoño y primavera. Los valores más bajos de la relación se observaron en los meses de verano. La fertilización con Mg afectó la relación, alcanzando una menor relación K/Mg en los tratamientos que recibieron fertilización con Mg. Esta variación sugiere la posibilidad de manejo agronómico de esta relación, cuando los contenidos de K son altos disminuyendo el riesgo potencial de hipomagnesemia.

El nivel de Mg intercambiable residual varió con la fertilización con Mg (Cuadro 5). Existió una disminución del contenido de Mg cuando no se aplicó fertilización con Mg de 0,18 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, después de

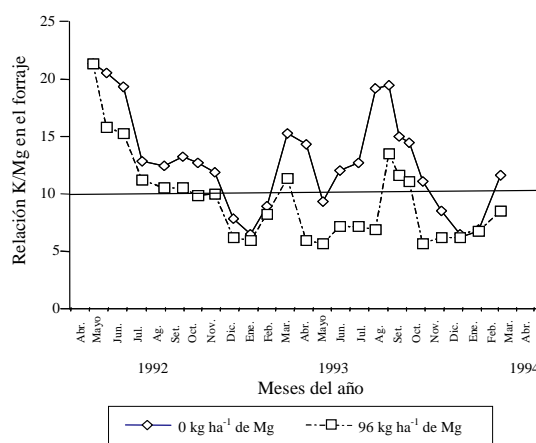


Figura 4. Variación a través del periodo de evaluación de la relación K/Mg para los tratamientos 0 y 96 kg ha^{-1} año⁻¹ de Mg.

dos años de extracción. Esta disminución fue compensada con la aplicación de 24 kg ha⁻¹ de Mg, sugiriendo que para este manejo correspondería a la fertilización de mantención. Con niveles superiores (48 y 96 kg ha⁻¹ de Mg) se produce un aumento en el contenido de Mg intercambiable en el suelo, proporcional a la dosis aplicada. Las dosis de fertilización con Mg utilizadas no afectaron el pH del suelo, probablemente debido a que estas dosis serían insuficientes para modificar en forma significativa la concentración de protones del suelo.

Conclusiones

1. En un suelo con un nivel inicial de 0,8 cmol_c kg⁻¹ de Mg, la fertilización magnésica no afecta significativamente la producción y distribución estacional de materia seca de una pradera permanente.

2. La fertilización con Mg afecta negativamente el contenido de Ca del forraje, con un decrecimiento proporcional a la dosis de Mg aplicada.

3. El contenido de K y Na del forraje no es afectado por la fertilización con Mg: las variaciones en el contenido de K y Na en el forraje son consistentes con sus variaciones en el contenido de estos nutrientes en el suelo.

4. Las relaciones promedio anual entre Ca, K y Na con respecto al Mg, disminuyen en la medida que aumenta la dosis de fertilización con Mg.

Agradecimientos

Al Proyecto FONDECYT 92-0169 "Estudio sobre el diagnóstico, control y prevención de la hipomagnesemia bovina" por el financiamiento otorgado.

Referencias

- ANRIQUE, R. **Composición de alimentos para el ganado de la zona sur**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 1995. 57 p.
- BALOCCHI, O. Recursos forrajeros utilizados en producción de leche. In: LATRILLE, L. (Ed.). **Producción animal 1999**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 1999. p. 186-214. (Serie, B-22).
- BALOCCHI, O.; OLIVARES, J. Leguminosas en praderas permanentes. In: LATRILLE, L.; BALOCCHI, O. (Ed.). **Producción animal 1992**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 1992. p. 33-58. (Serie, B-16).
- CONTRERAS, P.; VALENZUELA, L.; WITTEW, F.; BÖHMWALD, H. Desbalances metabólicos nutricionales más frecuentes en rebaños de pequeños productores de leche, Valdivia, Chile. **Archivos de Medicina Veterinaria**, Valdivia, v. 28, n. 1, p. 39-50, 1996.
- CUEVAS, E.; BALOCCHI, O.; ANRIQUE, R.; JORQUERA, M. Valor nutritivo de las principales especies de una pradera permanente en la Décima Región: II. Contenido de minerales. **Agro Sur**, Valdivia, v. 11, n. 1, p. 13-22, 1983.
- ECHEVERRÍA, R. **Efecto de la fertilización magnésica sobre el rendimiento y nivel de magnesio en una pradera permanente de la Décima Región**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 1995. 53 p. Tesis Licenciado en Agronomía.
- GUZMÁN, F. **Efecto de la fertilización magnésica, en un segundo año de aplicación, sobre el rendimiento y nivel de magnesio en una pradera permanente de la Décima Región**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 1996. 64 p. Tesis Licenciado en Agronomía.
- McNAUGHT, K.; DOROFÄEFF, F.; KARLOVSKY, J. Effect of magnesium fertilizers and season on level of inorganic nutrients in a pasture on Hamilton clay loam. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, New Zealand, v. 11, n. 3, p. 533-550, 1968.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego, California: Academic, 1995. 889 p.
- METSON, A.; SAUNDERS, W. Seasonal variations in chemical composition of pasture. I. Calcium, magnesium, potassium, sodium and phosphorus. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 21, n. 2, p. 341-353, 1978.
- MOSELEY, G.; BAKER, D. The efficacy of a high magnesium grass cultivar in controlling hypomagnesemia in grazing animals. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 46, n. 4, p. 375-380, 1991.
- PAYNE, J. **Enfermedades metabólicas de los animales zootécnicos**. Zaragoza: Acribia, 1981. 219 p.
- PINOCHET, D. Estado nutricional de los suelos agrícolas de la zona sur. **Próxima Década**, Santiago, v. 77, n. 7, p. 14-16, 1989.

- PINOCHET, D. Potencial productivo de las praderas permanentes de las Regiones IX y X. In: LATRILLE, L. (Ed.). **Producción animal 1999**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 1999. p. 237-273. (Serie, B-22).
- ROWELL, D. **Soil science: methods and applications**. Essex: A. W. Longman, 1996. 350 p.
- SIERRA, C. Limitaciones edáficas para el crecimiento de leguminosas. In: LATRILLE, L.; BALOCCHI, O. (Ed.). **Producción animal 1992**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 1992. p. 1-15. (Serie, B-16).
- SPEEDING, C.; DIEKMAHNS, E. **Grasses and legumes in British agriculture**. Oxford: Alden and Mowbray, 1972. 511 p.
- SYKES, A. Hipomagnesemia en bovinos. In: JORNADAS CHILENAS DE BUIATRÍA, 1., 1993, Osorno. **Anales...** Osorno: Sociedad Chilena de Buiatría, 1993. p. 21-28.
- WITTWER, F. Bases para el manejo de la hipomagnesemia bovina en el sur de Chile. In: LATRILLE, L. (Ed.). **Producción animal 1996**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 1996. p. 119-130. (Serie, B-19).
- WITTWER, F.; CONTRERAS, P.; KLEIN, R.; BÖHMWALD, H. Efecto de la administración de óxido de magnesio y sulfato de magnesio en vacas con hipomagnesemia inducida. **Archivos de Medicina Veterinaria**, Valdivia, v. 27, p. 19-28, 1995.
- WITTWER, F.; CONTRERAS, P.; SILVA, N.; BÖHMWALD, H. Efecto de la suplementación con magnesio en el alimento y agua sobre el control de tetania hipomagnésica en rebaños Hereford. **Archivos de Medicina Veterinaria**, Valdivia, v. 29, p. 25-33, 1997.
- WITTWER, F.; HEUER, G.; CONTRERAS, P.; BÖHMWALD, H. Valores bioquímicos clínicos sanguíneos de vacas cursando con decúbito en el sur de Chile. **Archivos de Medicina Veterinaria**, v. 25, p. 83-88, 1993.