

FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA EN PRADERA MIXTA: I. EFECTO SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA, EL CONTENIDO EN PROTEÍNA Y EL NIVEL DE MACROELEMENTOS

M.R. MOSQUERA-LOSADA¹ Y A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ².

¹Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidade de Santiago de Compostela.

Campus Universitario de Lugo. 27002 LUGO (España). Correo-e: romos@lugo.usc.es

²Departamento de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo.

Apartado 10. 15080 A CORUÑA (España). Correo-e: antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es

RESUMEN

El objetivo de esta experiencia fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre la composición botánica, el contenido en proteína y en macroelementos del pasto durante cuatro años. Se ensayaron nueve tratamientos en un diseño de parcela dividida con tres dosis de fertilizante nitrogenado (0, 60 y 120 kg N ha⁻¹ año⁻¹) en las parcelas principales y tres de potasio (0, 100 y 200 kg K₂O ha⁻¹ año⁻¹) en las subparcelas. El nivel de proteína, fósforo, calcio, potasio y magnesio del pasto varió con la época del año, ya que ésta afecta al desarrollo y estado fenológico de la pradera. El efecto de la fertilización con nitrógeno y potasio sobre los niveles de proteína y fósforo dependió del efecto que el abonado ejerció en la producción, y en la composición botánica de la pradera, en la que el trébol jugó un papel importante.

Palabras clave: Abonado, fósforo, minerales, trébol, pasto.

INTRODUCCIÓN

La correcta alimentación de los animales que consumen pasto depende, no sólo de la cantidad de hierba que ingieren, sino también de la calidad de la misma, la cual viene determinada por los niveles de los distintos principios nutritivos, así como por su disponibilidad y utilización metabólica. Estos principios nutritivos se deben encontrar entre determinados rangos, ya que en caso de no llegar a niveles adecuados deberán ser aportados en los piensos o concentrados para complementar la ración, lo que encarece los costes de alimentación de la explotación; y si se encuentran en niveles muy altos,

éstos pueden ser tóxicos para el animal, lo que limitaría su uso en la alimentación del ganado.

En la composición química del pasto intervienen varios factores como son la propia evolución estacional del contenido de los macroelementos (N, P, K, Ca y Mg), directamente afectada por el desarrollo fenológico de la pradera (González, 1987), el envejecimiento de las hojas de las distintas especies (Willman *et al.*, 1994) y la diferente composición química de las distintas especies que componen el pasto (Babnik *et al.*, 1996).

La fertilización afecta a la composición química del pasto, por una parte haciendo más disponible el elemento con el que se fertiliza y, por otra, ocasionando un efecto de dilución si se produce un aumento considerable de la producción. Por otra parte, la fertilización provoca variaciones en la composición florística del pasto porque modifica las condiciones de fertilidad del suelo y las relaciones de competencia que se establecen entre las distintas especies, como es el caso del trébol y raigrás (Mosquera y González, 1999).

El conocimiento del efecto de la fertilización con nitrógeno y potasio sobre la producción de pasto y trébol fue estudiado previamente (Mosquera y González, 1999), concluyendo que el efecto de la fertilización con nitrógeno y potasio sobre la producción de pasto es positivo y sobre la producción de trébol es, respectivamente, negativo y positivo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre la composición botánica y el contenido en proteína, P, Ca, K y Mg del pasto.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló durante los años 1989, 1990, 1991 y 1992 en la localidad de Sergude (A Coruña). Al inicio de la experiencia el pH del suelo era 5,4 y tenía un nivel alto de materia orgánica (80 mg g⁻¹), medio de K (125 mg kg⁻¹) y bajo de P asimilable (6,1 mg kg⁻¹). La siembra de la pradera se realizó en el otoño de 1988 con 25 kg ha⁻¹ de *Lolium perenne* cv. Brigantia y 3 kg ha⁻¹ de *Trifolium repens* cv. Huia. La fertilización aportada en el momento de la siembra fue de 40 kg N ha⁻¹, 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ y 120 kg K₂O ha⁻¹. El diseño del experimento fue de parcelas divididas (cada parcela elemental era de 2x5 m²) con cuatro repeticiones en las que se aplicaron tres dosis de N (0, 60 y 120 kg N ha⁻¹ año⁻¹) en las parcelas principales y tres de potasio (0, 100 y 200 kg K₂O ha⁻¹ año⁻¹) en las subparcelas (Little y Hills, 1987). La fertilización anual con P fue de 120 kg P₂O₅ aplicado en forma de superfosfato. Se fertilizó en el mes de febrero

(la dosis completa de P_2O_5 y mitad de la de N y K) y después del segundo corte todos los años (la otra mitad de las dosis de N y K). Los cortes de la pradera se realizaron en los meses de abril, mayo, junio, julio y diciembre de cada año, si bien en el último año no se efectuó el corte del mes de julio debido a un adelanto en la sequía del verano que limitó el crecimiento. Se pueden encontrar más detalles del ensayo en Mosquera y González (1997).

En cada corte se tomó una muestra de hierba de unos 200 g, cortada a una altura de 5 cm del suelo, que se llevó al laboratorio. La mitad de la muestra se destinó a estimar las proporciones de gramínea sembrada, leguminosa sembrada y otras especies y la otra mitad se desecó en estufa para determinar la humedad y posteriormente se molió para su uso en las determinaciones analíticas. Durante el primer año no se determinó la composición botánica en el primero y en el segundo corte, al igual que en el primer corte del cuarto año. Las concentraciones de N y P de las muestras se determinaron simultáneamente utilizando un autoanalizador bicanal de flujo continuo (Castro *et al.*, 1990). Se calculó el contenido en proteína bruta multiplicando los niveles de nitrógeno por el factor 6,25. El análisis del Ca y Mg se realizó por espectrofotometría de absorción atómica y el de K mediante espectrofotometría de emisión a partir de una alícuota de la digestión microkjeldahl utilizada para la determinación de N y P, mediante un espectrofotómetro Perkin-Elmer 460 y siguiendo las condiciones descritas para el equipo (Castro *et al.*, 1990).

Finalmente, se analizaron los resultados para cada corte mediante ANOVA y las diferencias entre medias se determinaron empleando el test LSD (SAS, 1985; Little y Hills, 1987). Se efectuó también el análisis estadístico mediante el empleo de regresiones entre las diferentes variables estudiadas utilizando el paquete estadístico SAS (SAS, 1985).

RESULTADOS

El efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre las distintas variables estudiadas dependió del año de estudio y del corte ya que la interacción A*C fue significativa en todas las variables (Tabla 1). La interacción T*C fue significativa para el porcentaje de leguminosa y el contenido en P y K del pasto y la interacción A*T lo fue para el porcentaje de leguminosa y otras especies y para el contenido de proteína, P y K del pasto. Las variables porcentaje de gramínea y contenido de Ca no fueron afectadas por el tratamiento, mientras que el contenido de Mg se vió modificado por efecto del tratamiento pero no se detectó ninguna interacción significativa, excepto la interacción A*C.

TABLA 1

Resultado del análisis de varianza realizado para las variables raigrás inglés (RING), trébol blanco (TB), otras especies (O), proteína (Prot), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). (Los factores son: T tratamiento, A:año, C:corte). Se indica el nivel de significación: *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; * $p < 0,001$; ns: no significativo**

ANOVA results for the variables: perennial ryegrass (RING), white clover (TB), other species (O), crude protein (Prot), phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg) and potassium (K).

*(The factors are T:treatment, A:year, C:cut). Significance level is indicated: *: $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; ns= not significant.*

Variable	A	T	C	A*T	A*C	T*C	A*T*C
RING	***	ns	***	ns	***	ns	ns
TB	***	***	***	*	***	*	ns
O	**	***	***	*	**	ns	ns
Prot	***	*	***	*	***	ns	ns
P	***	***	***	***	***	*	***
Ca	***	ns	ns	ns	***	ns	ns
Mg	***	*	***	ns	***	ns	ns
K	***	***	***	***	***	*	ns

Efecto del año y del corte

La ausencia de algunos datos en la Tabla 2 se justifica por la presencia importante de alguno de los componentes de la fracción botánica estudiada, así durante el primer corte del primer año se encontró una representación de prácticamente el 100% de especies dicotiledóneas anuales (*Stellaria media*, *Cerastium glomeratum*), lo que cambiaba drásticamente en el segundo, tercero y cuarto corte del mismo año, donde la gramínea de siembra prácticamente suponía el 100% del pasto. Durante el cuarto año se encontró que en el primer corte la presencia de especies espontáneas fue del 100% en todos los tratamientos, no efectuándose el último corte del verano debido al adelanto en la sequía estival que se produjo durante ese año.

TABLA 2

Efecto del año y del corte sobre la proporción de raigrás inglés (RING), trébol blanco (TB) y otras especies (O). Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes para los distintos cortes del mismo año.

*Year*cut interaction on perennial ryegrass (RING), white clover (TB) and other species (O) content. Values followed by the same letter are not significantly different for the different cuts for the same year.*

	Año			
	1	2	3	4
RING				
1° Corte		30,28 b	13,54 b	
2° Corte		47,83 a	29,44 a	8,42 b
3° Corte	85,17 a	37,02 ab	5,43 bc	12,71 b
4° Corte		11,77 c	3,99 c	
5° Corte	25,35 b	14,66 c	1,02 c	20,84 a
TB				
1° Corte		9,22 c	16,51 b	
2° Corte		19,76 a	20,34 ab	38,64 a
3° Corte	14,72 a	13,64 ab	29,28 a	42,05 a
4° Corte		20,11 a	25,18 ab	
5° Corte	5,32 b	1,29 c	14,99 b	2,69 b
O				
1° Corte		60,50 bc	69,95 b	
2° Corte		32,41 d	50,22 c	52,94 b
3° Corte	0,11 b	49,34 c	65,29 b	45,24 b
4° Corte		68,12 b	70,83 b	
5° Corte	69,33 a	84,05 a	83,99 a	76,47 a

La proporción de raigrás inglés fue por lo general baja y se redujo notablemente desde el primero al último año (Tabla 2). El raigrás inglés es una especie que se desarrolla mejor en el período primaveral que en el otoño, época en la que llega a alcanzar el nivel mínimo de 1,02 % en el tercer año. Los niveles de trébol fueron mayores en los dos últimos años en comparación con los dos primeros y, en general, menores en el primer y último corte debido a las bajas temperaturas. Por el contrario, el porcentaje de otras especies fue mayor en los últimos años, indicando la habitual degradación de la pradera cuatro años después de la siembra, aunque cabe destacar que siempre existió un importante proporción de especies no deseadas en el corte de otoño (cercana al 70% en el primer año y al 80% en los tres siguientes).

En general, los niveles de proteína fueron mayores en el corte de otoño, en los dos primeros años, y en el primer corte de primavera, en los dos últimos (Tabla 3). También se encontró que existió una elevada variabilidad interanual en el quinto corte, ya que en el primer año los niveles de proteína alcanzaron valores de 200 mg g^{-1} , pero no llegaron a superar los 100 mg g^{-1} en el cuarto, año que además presentó valores mucho más reducidos que el resto. Este aspecto contrasta con el hecho de que se encontró una reducida variación entre años en el tercer y cuarto corte.

Los niveles de P fueron menores en el cuarto corte del último año. Cabe destacar los bajos niveles de P que hay en el mismo corte del segundo año al igual que sucedía con el N (Tabla 3).

Los valores de K fueron, en general, más altos al comienzo de la primavera, reduciéndose a medida que transcurría la estación de crecimiento y aumentando de nuevo en otoño. Sin embargo, este patrón no se observó en el primer año en el que los valores fueron más bajos al principio de la primavera, aumentando su valor hasta finales de la misma y reduciéndose posteriormente hasta el otoño (Tabla 3).

Los contenidos en Ca fueron muy bajos en el período de primavera del primer año, incrementándose en los siguientes años, resultando finalmente en unos valores de Ca que en el cuarto año llegaron a cuatriplicar su valor en relación al primero (Tabla 3).

Los niveles de Mg tendieron a incrementarse a medida que transcurría la primavera con excepción del último año en el que la concentración de Mg no varió a lo largo de la primavera. En general, en otoño los valores fueron bajos, a excepción del primer año (Tabla 3).

TABLA 3

Efecto del año y del corte sobre las concentraciones de proteína (Prot, mg g⁻¹), fósforo (P, mg g⁻¹), potasio (K, mg g⁻¹), calcio (Ca, mg g⁻¹) and magnesio (Mg, mg g⁻¹). Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes para los distintos cortes del mismo año.

*Year*cut interaction on crude protein (Prot, mg g⁻¹), phosphorus (P, mg g⁻¹), potassium (K, mg g⁻¹), calcium (Ca, mg g⁻¹) and magnesium (Mg, mg g⁻¹) content. Values followed by the same letter are not significantly different for the different cuts for the same year.*

	Año			
	1	2	3	4
Prot				
1° Corte	124,4 b	89,9 c	174,8 a	139,8a
2° Corte	126,6 b	12,5,8 a	112,5 d	96,0c
3° Corte	107,6 c	11,2,7 b	128,1 c	108,7b
4° Corte	122,0 b	9,2,7 c	128,5 c	
5° Corte	209,3 a	13,4,7 a	157,7 b	109,0b
P				
1° Corte	3,6 c	4,0 a	4,1 b	4,7 a
2° Corte	4,3 b	3,4 b	3,5 c	2,5 c
3° Corte	4,0 bc	3,8 a	4,0 b	2,3 c
4° Corte	3,7 c	1,9 c	4,1 b	
5° Corte	5,6 a	3,1 b	4,8 a	2,2 c
K				
1° Corte	12,7 c	26,9 a	22,9 a	21,0 a
2° Corte	12,7 c	17,2 b	18,4 ab	20,9 a
3° Corte	22,8 a	15,1 c	17,7 bc	12,3 b
4° Corte	20,0 ab	8,8 e	14,8 c	
5° Corte	19,2 b	11,0 d	19,8 ab	11,0 b
Ca				
1° Corte	3,3 b	7,9 b	8,6 b	9,4 c
2° Corte	3,3 b	6,2 c	8,3 b	13,2 ab
3° Corte	3,5 b	6,1 c	9,2 ab	14,8 a
4° Corte	3,7 b	8,8 a	9,9 a	
5° Corte	6,4 a	9,0 a	8,8 ab	15,0 a
Mg				
1° Corte	1,3 c	2,1 c	2,0 c	1,7 a
2° Corte	1,5 b	3,2 b	1,7 d	1,7 a
3° Corte	1,7 b	2,0 c	2,5 b	1,7 a
4° Corte	1,9 b	4,6 a	2,7 a	
5° Corte	2,5 a	1,8 c	1,9 c	1,5 ab

Efecto de los tratamientos

El contenido en trébol blanco del pasto varió en función del año y del corte (Tabla 4, a y b). En general, en el primer corte, la fertilización con la dosis más alta de nitrógeno limitó el porcentaje de trébol en el pasto, cuando comparamos el efecto del nitrógeno para las dosis baja y alta de potasio. Pero, en los siguientes cortes de la primavera, en los que las condiciones climáticas favorecen el desarrollo de esta especie, los niveles de trébol fueron significativamente menores en los tratamientos N2K1 y N3K1, lo que se puede explicar porque se aportó N y no se abonó con K. Por otro lado, los niveles de trébol blanco en estos dos tratamientos fueron menores que en los otros tratamientos durante los últimos dos años, aunque no se detectase ningún efecto en el segundo. Además, y en general, en el primer año de estudio los tratamientos con las proporciones más altas de trébol correspondieron a las aplicaciones más bajas de N.

TABLA 4

Efecto del año y del tratamiento sobre el contenido de trébol blanco (%) en cada año y tratamiento (a), corte y tratamiento (b); y de malas hierbas (c) en cada año y tratamiento. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes para los distintos tratamientos del mismo año y del mismo corte.

White clover content (%) in each year and treatment (a), cut and treatment (b); and weeds content in each year and treatment (c) Values followed by the same letter are not significantly different among treatments for the same cut and year.

		Tratamiento								
a)										
		N1K1	N1K2	N1K3	N2K1	N2K2	N2K3	N3K1	N3K2	N3K3
1A	3,83 b	16,62 a	12,00 ab	0,00 c	6,50 bc	4,25 bc	4,25 bc	1,00 c	2,50 c	
2A	11,64	13,88	16,11	7,61	8,12	6,54	8,13	12,67	10,47	
3A	25,34 ab	34,70 a	34,07a	14,65 bcd	26,04 ab	24,19 abc	5,87 d	10,99 cd	13,93 bcd	
4A	29,18 ab	34,74 ab	34,51ab	15,01ab	34,31 ab	37,02 a	9,65 b	22,89 ab	32,74 ab	
b)										
		N1K1	N1K2	N1K3	N2K1	N2K2	N2K3	N3K1	N3K2	N3K3
1C	17,24 ab	15,17 ab	21,32 ab	9,88 ab	27,02 a	13,37 ab	1,02 b	7,81 ab	3,14 ab	
2C	22,14 ab	38,61 b	27,29 ab	22,93 ab	25,99 ab	32,35 ab	14,28 b	20,61 ab	20,58 ab	
3C	27,22 ab	32,02 ab	37,22 a	12,90 b	34,26 a	29,31 ab	9,01 b	17,27 ab	29,21ab	
4C	27,33 ab	28,50 ab	35,36 a	9,76 b	17,95 ab	23,08 ab	6,99 b	23,50 ab	35,02 a	
5C	6,37 ab	8,19 ab	9,43 a	2,23 b	5,43 ab	5,16 ab	1,99 b	2,38 ab	3,04 ab	
c)										
		N1K1	N1K2	N1K3	N2K1	N2K2	N2K3	N3K1	N3K2	N3K3
1A	41,88 ab	27,75 b	19,10 b	100,00 a	82,2 ab	78,65 ab	76,75 ab	77,00 ab	59,00 ab	
2A	68,22	65,89	61,81	66,55	59,95	66,19	58,14	63,37	59,80	
3A	65,23 abcd	54,30 cd	48,85 d	70,83 abc	59,51 bcd	55,52 cd	80,97 a	77,28 ab	7,06 abc	
4A	53,03 ab	55,54 ab	48,72 b	68,85 ab	47,46 b	52,99 ab	78,91 a	64,45 ab	54,31ab	

A:Año; C:Corte; N1:0 N; N2:60 N; N3:120N; K1:0 K; K2:100 K; K3:200 K.

El efecto de los tratamientos aplicados sobre el contenido de otras especies en el pasto varió con el año de estudio (Tabla 4 c). El porcentaje de otras especies fue más alto en los tratamientos con dosis bajas de K, sobre todo en el primer año. Pero en el tercer y cuarto año los tratamientos con un mayor porcentaje de otras especies fueron N2K1 y N3K1, con niveles de malas hierbas de entre el 70 y el 80% en estos dos años, en contraste con los niveles próximos al 50% detectados en los tratamientos que no recibieron nitrógeno, pero sí K.

La respuesta del contenido en proteína del pasto a los tratamientos aplicados también difirió entre los distintos años (Tabla 5, a). En el primer año, la aplicación de dosis altas de nitrógeno significó una reducción significativa en el contenido proteico, sobre todo en las dosis con niveles altos de K. Tanto en este año como en el segundo los niveles más altos de proteína en el pasto se encontraron cuando se aplicaron dosis medias de nitrógeno. Mientras que en el tercer y cuarto año no se encontraron diferencias entre tratamientos con respecto a esta variable.

TABLA 5

Contenido en proteína (mg g⁻¹) en cada año y tratamiento (a) y contenido en potasio (mg g⁻¹) en cada corte y tratamiento (b) y en cada año y tratamiento. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes para los distintos tratamientos del mismo año.

Protein content (mg g⁻¹) in each year and treatment (a), and potassium content (mg g⁻¹) in each cut and treatment (b) and in each year and treatment. Values followed by the same letter are not significantly different for the different treatments for the same cut and year.

		Tratamientos								
a)		N1K1	N1K2	N1K3	N2K1	N2K2	N2K3	N3K1	N3K2	N3K3
1A		140,9 ab	132,5 ab	131,7 ab	145,5 a	141,7 ab	145,5 a	124,2 ab	120,7 ab	113,5 b
2A		102,8 a	114,3 ab	114,0 ab	120,4 b	118,7 ab	114,8 ab	113,1 ab	114,1 ab	111,9 ab
3A		136,1	133,2	137,2	130,8	135,0	143,4	139,0	139,0	129,9
4A		126,9	119,2	124,6	109,8	122,7	121,8	113,3	111,2	120,5
b)		N1K1	N1K2	N1K3	N2K1	N2K2	N2K3	N3K1	N3K2	N3K3
1C		15,7 cd	20,7 bc	24,3 ab	13,8 d	19,9 bcd	24,3 ab	14,2 cd	23,3 ab	28,1a
2C		19,9	16,8	18,2	17,2	17,4	21,1	17,1	18,4	15,7
3C		15,4 bcd	18,6 abc	21,4 a	14,3 cd	18,2 abc	16,5 abcd	11,9 d	15,9 abcd	20,6 ab
4C		11,3	12,0	11,8	10,0	11,4	11,8	10,2	09,5	10,5
5C		17,5 ab	16,0 ab	19,6 a	16,4 ab	15,6 ab	18,6 ab	14,4 b	17,4 ab	17,2 ab
c)		N1K1	N1K2	N1K3	N2K1	N2K2	N2K3	N3K1	N3K2	N3K3
1A		15,7	18,0	20,9	13,8	18,5	16,7	13,7	15,9	20,5
2A		14,4 ab	15,8 ab	16,5 ab	12,8 ab	16,0 ab	16,9 a	11,1 b	12,0 ab	11,4 ab
3A		20,0 ab	18,5 ab	19,3 ab	16,2 b	17,3 ab	22,1 a	16,2 b	19,2 ab	18,9 ab
4A		16,3 d	19,6 abcd	25,6 a	16,6 cd	17,6 bcd	23,2 abc	15,0 d	21,2 abcd	23,5 ab

A:Año; C:Corte; N1:0 N; N2:60 N; N3:120N; K1:0 K, K2:100 K; K3:200 K.

El efecto del abonado con N y K sobre la concentración de K en el pasto varió con el corte (Tabla 5, b) y el año (Tabla 5, c) de estudio. Así, en el primero, tercero y último corte se encontró un efecto positivo del aporte de potasio sobre el contenido de este elemento en el pasto; este efecto fue netamente diferente para la dosis superior de nitrógeno en comparación con los tratamientos en que no se aportaba N tanto en el primer como en el tercer corte. Esta tendencia se observó en los cuatro años de estudio, aunque solamente las diferencias fueron significativas a partir del segundo año. De todas formas, en todos los años evaluados el tratamiento que presentó un menor contenido en K fue el N3K1, aunque en el primer año no fue significativo. Por otro lado, el tratamiento con contenidos superiores de potasio fue N2K3 en el segundo y tercer año y el N1K3 en el cuarto año.

El contenido en P del pasto fue diferente en función de los tratamientos aplicados, dependiendo la respuesta a la fertilización del corte y del año (Tabla 6). Así, en el primer año hubo diferencias significativas entre los tratamientos en todos los cortes, con excepción del tercero. En el primer corte se encontró una respuesta positiva del contenido de P a la aplicación de nitrógeno y potasio en las dosis media y alta, respectivamente. Sin embargo, en los cortes segundo, cuarto y quinto el nivel de P se redujo notoriamente con las dosis altas de nitrógeno y potasio al igual que ocurrió en el tercer corte del segundo año. Sin embargo, en los dos últimos años, la respuesta fue distinta encontrándose un mayor contenido en P en el pasto de aquellas parcelas del tratamiento N3K1 en relación al N2K2 y N2K3 en el tercer año y menores contenidos en las parcelas del tratamiento N1K3, N3K2 y N3K3 en comparación con N1K1 en el cuarto año.

Finalmente, el nivel de Mg fue significativamente mayor en el tratamiento N3K1 con relación a los otros tratamientos de la dosis alta, media y baja de nitrógeno, con la excepción del tratamiento N1K1.

TABLA 6

Contenido en fósforo (mg g^{-1}) del pasto en cada año, corte y tratamiento. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes para los distintos tratamientos en los distintos cortes de cada año.

Phosphorus content (mg g^{-1}) of the pasture in each year, cut and treatment. Values followed by the same letter are not significantly different for the different treatments in the same cut for each year.

Año	Tratamiento								
	N1K1	N1K2	N1K3	N2K1	N2K2	N2K3	N3K1	N3K2	N3K3
1C	3,4 b	3,5 ab	3,4 b	3,6 ab	3,6 ab	3,9 a			
2C	5,0 a	5,2 a	5,1 a	5,1 a	4,8 a	4,9 a	2,8 b	2,8 b	2,9 b
3C	4,4	4,4	4,3	3,9	4,0	3,4	3,9	3,9	3,7
4C	4,1 b	3,8 ab	3,9 ab	4,1 b	3,3 ab	4,1 b	3,6 ab	3,7 ab	3,1 a
5C	6,4 a	5,7 ab	5,7 ab	5,5 ab	5,9 ab	5,7 ab	5,1 ab	5,2 ab	4,9 b
Año 2	N1K1	N1K2	N1K3	N2K1	N2K2	N2K3	N3K1	N3K2	N3K3
1C	3,9	3,8	3,8	4,1	4,1	4,2			
2C	3,4	3,0	3,6	3,4	3,4	3,5	3,3	3,0	3,3
3C	3,9 abc	3,6 abc	4,7 a	4,7 a	3,2 bc	4,4 ab	2,8 c	1,2 d	5,0 a
4C	1,9	2,2	2,0	1,9	2,1	1,9	1,8	1,8	1,9
5C	2,9	3,3	3,0	3,2	3,3	3,2	3,1	2,9	3,1
Año 3	N1K1	N1K2	N1K3	N2K1	N2K2	N2K3	N3K1	N3K2	N3K3
1C	4,2	3,9	3,9	4,0	4,3	4,0	4,0	4,1	4,0
2C	3,5 ab	3,6 ab	3,5 ab	3,5 ab	3,3 b	3,2 b	3,8 a	3,4 ab	3,4ab
3C	4,2	4,0	3,9	4,1	3,9	3,8	3,8	4,1	4,0
4C	4,6	4,6	4,1	4,7	4,5	3,7	4,0	2,8	4,1
5C	4,6	4,8	4,8	4,9	4,8	4,8	5,2	5,0	4,5
Año 4	N1K1	N1K2	N1K3	N2K1	N2K2	N2K3	N3K1	N3K2	N3K3
1C	4,6	4,4	4,8	5,0	4,6	4,5	4,8	4,5	4,6
2C	2,4	2,4	2,4	2,4	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4
3C	2,9 a	2,4 abc	1,8 c	2,5 abc	2,6 ab	2,2 abc	2,3 abc	2,1bc	2,1 bc
4C	2,9	2,9	2,6	3,0	2,9	3,0	3,1	3,6	3,0

C: Corte; N1:0 N; N2:60 N; N3:120N; K1:0 K, K2:100 K; K3:200 K.

Relación entre elementos

Existió una relación significativa en todos los cortes, excepto en el tercero, y en el período total ($r^2=0,83$ para todo el año, 0,68 en el primer, 0,73 en el segundo, 0,8 en el cuarto y 0,84 en el quinto corte) entre el contenido de fósforo y el contenido de proteína del pasto (Figura 1a). Esta relación presentó un porcentaje de variación explicada del 94 % si se incluye el K en el primer corte (Figura 1b) y del 78% en el segundo (Figura 1c), en el que el comportamiento fue muy similar. A partir de estas dos gráficas se deduce que el contenido en P estuvo positivamente relacionado con el nivel de proteína y K en el pasto.

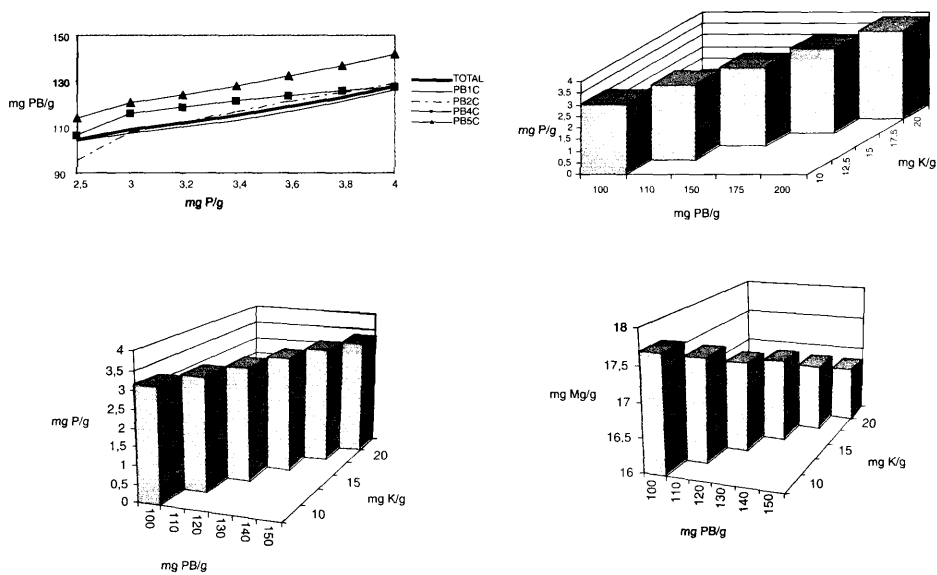


FIGURA 1

Relación entre los contenidos en proteína y fósforo en el todo el período, y en el primero, segundo, cuarto y quinto cortes (1a); entre los contenidos en potasio, fósforo y proteína en el primero (1b) y segundo (1c) cortes; y entre el fósforo, magnesio y potasio en el primer corte (1d).

Relationship between protein and phosphorus content in total period, and in first, second, fourth and fifth harvests (1a); and among potassium, phosphorus and protein content in first (1b) and second (1c) harvests; and among phosphorus, magnesium, and potassium content in the first harvest (1d).

Para la relación entre el contenido de Mg, proteína y K en el primer corte se observó un efecto negativo del contenido en K y proteína con los contenidos de Mg del pasto (Figura 1d).

Por otra parte, el porcentaje de K también estuvo relacionado positivamente con el contenido de Ca ($r^2=0,59$) en el segundo corte (Figura 2a).

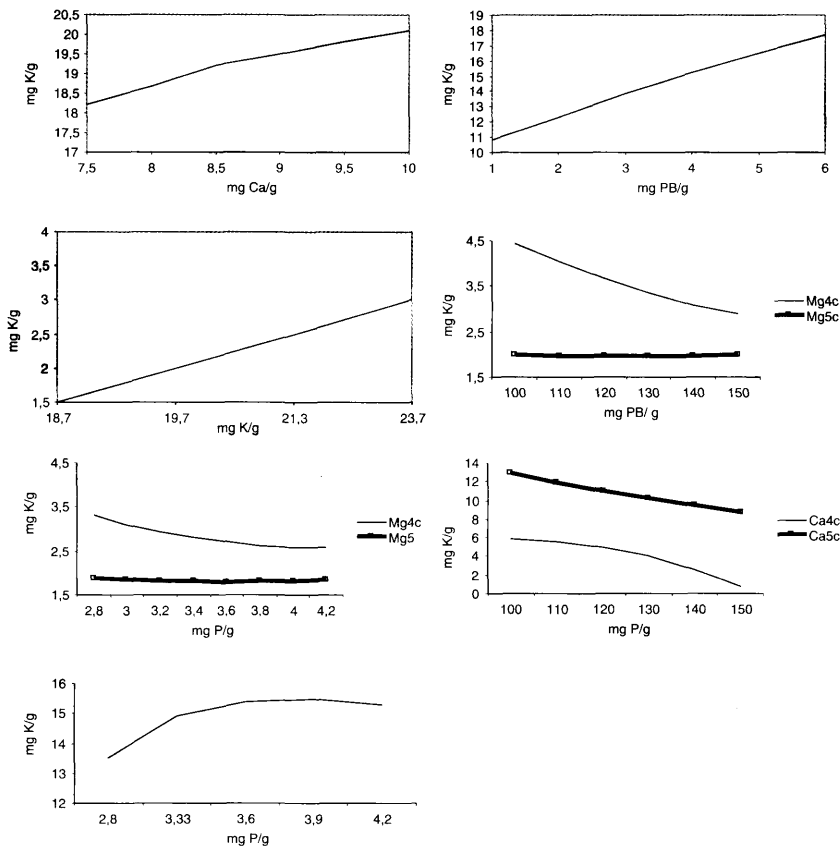


FIGURA 2

Relación entre los contenidos de potasio y calcio (2a) en el segundo corte, proteína y potasio (2b), potasio y magnesio (2c) y potasio y fósforo (2g) en el cuarto corte y entre el magnesio y la proteína (2d), magnesio y fósforo (2e) y proteína y calcio (2f) en el cuarto y quinto corte.

Relationship between potassium and calcium content (2a) in the second harvest, protein and potassium (2b), potassium and magnesium (2c) and potassium an phosphorus (2g) in the fourth harvest and between magnesium and protein (2d), magnesium and phosphorus (2e) and protein and calcium (2f) in the fourth and fifth harvest.

Aunque en el tercer corte no se detectaron relaciones significativas, sí se encontraron en el cuarto corte relaciones positivas entre los contenidos en proteína y K (Figura 2b; $r^2=0,84$), y K y Mg (Figura 2c; $r^2=0,84$), y negativas entre proteína y Mg (Figura 2d; $r^2=0,69$), P y Mg (Figura 2e; $r^2=0,87$) y proteína y Ca (Figura 2f; $r^2=0,50$). Además en este corte también se encontró una relación positiva entre el porcentaje de P y K en la que los valores de K se estabilizaron en el 15 mg g⁻¹ cuando los de P superaron el 3,3 mg g⁻¹ (Figura 2g).

Por último, en el quinto corte las relaciones significativas encontradas fueron negativas entre el porcentaje de proteína y Ca (Figura 2f; $r^2=0,76$), y más o menos estables entre el contenido en proteína y Mg (Figura 2d; $r^2=0,62$) y entre el contenido en P y Mg (Figura 2e; $r^2=0,59$).

DISCUSIÓN

La distribución estacional de los contenidos en proteína, P y K del pasto fue, en general, similar, presentando valores más altos al inicio de la estación de crecimiento, después de la sequía de verano o del frío invernal en la mayoría de los años. Los niveles de proteína, P y K estuvieron altamente correlacionados, lo cual coincide con las observaciones de Monterroso (1995).

Por regla general, los niveles de proteína, K y P fueron menores en los cortes de verano; esto puede estar relacionado con el estado de desarrollo de las distintas plantas que componen el pasto, ya que a principios de año florecen pocas especies y, a pesar de estar sometidas a un régimen de corte que limita la floración, ésta se produce a finales de primavera (González, 1987). Además, a medida que avanza la estación de crecimiento se incrementa la proporción tallo/hoja y los tejidos foliares envejecen más rápidamente en el mismo intervalo de tiempo, debido a las temperaturas más altas existentes a finales de primavera, lo que contribuye también a reducir el contenido en proteína, K y P (Willman *et al.*, 1994).

Por otro lado, los valores de proteína encontrados en este estudio fueron menores que los observados por Mosquera *et al.* (2000) para la hierba de parcelas aprovechadas mediante pastoreo rotacional, hecho explicable ya que la cantidad de pasto en oferta en este último caso fue menor y probablemente la calidad del mismo superior. El nivel de K fue menor en este ensayo que en los resultados obtenidos por Mosquera *et al.* (2000), y ello probablemente debido a los diferentes tipos de suelo en los que se establecieron los ensayos: suelo procedente de anfibolitas, en un caso, y suelo procedente de esquistos con biotita, en el otro, teniendo menor contenido de K en el primero que en el segundo.

Por otra parte, los contenidos en Ca y Mg siguieron patrones inversos a los de N, P y K ya que sus valores se elevaron de primavera al verano (Mosquera *et al.*, 2000; Hopkins *et al.*, 1994; García *et al.*, 1986b), debido a que su contenido es mayor en hojas más desarrolladas que en hojas jóvenes (Willman *et al.*, 1994). Además, y de forma general, la concentración de Ca es menor en el raigrás inglés (4-8 mg g⁻¹) que en el trébol blanco (10-20 mg g⁻¹) (Whitehead, 1995; Babnik *et al.*, 1996) y esta última especie, a su vez, es más sensible a las bajas temperaturas que se dan al principio de primavera (Mitchel, 1956), por lo que se encuentra en mayor proporción en los últimos cortes de este período, y, consecuentemente, éstos tienen una mayor concentración de este macroelemento. El menor contenido de Ca del raigrás inglés también explicaría los bajos niveles de este elemento detectados en el primer año del ensayo, a lo que habría que añadir que las parcelas recién instaladas tienen una menor proporción de material muerto o envejecido por lo que presentan menores niveles de Ca.

El intervalo de Ca (entre el 7,0 y 9,5 mg g⁻¹), encontrado en el presente estudio se sitúa dentro del definido por Grace (1983) para los pastos neozelandeses (2,3-12,3 mg g⁻¹) y muy por encima del que este mismo autor indica como límite de deficiencia para la plantas del pasto (2,5 mg g⁻¹). Los valores superan claramente los definidos como críticos para el raigrás (2-3 mg g⁻¹) y se encuentran dentro de los considerados como necesarios para el óptimo desarrollo del trébol (5-8 mg g⁻¹) (Grace, 1983), con excepción del primer año. Por último, en relación con los valores de Ca y Mg, observados para praderas de Galicia, los correspondientes a este ensayo son más altos que los indicados por García *et al.* (1986a), para praderas establecidas en terrenos a monte, sobre suelos con un pH más ácido que el de Sergude y en las que la disponibilidad de Ca era menor (Mombiela y Mateo, 1984).

Por lo que se refiere al Mg, la distribución estacional que hemos encontrado para este macroelemento es mucho más acentuada que la referida por Mosquera *et al.* (2000) para praderas sometidas a pastoreo rotacional con vacuno de leche. Esto puede ser atribuido a la presencia de hierba con mayor proporción de hojas (por el menor pasto en oferta) en el ensayo de pastoreo.

En el primer año, el efecto de la fertilización sobre el contenido en proteína no fue claro, pero cuando la proporción de trébol en el pasto disminuyó (dosis altas de nitrógeno) se produjo una reducción paralela de la concentración de aquél. Sin embargo, los valores más altos de proteína coincidieron con proporciones elevadas de malas hierbas, que en algún caso fue muy cercano al 85%. Esto se podría explicar, o bien, porque el nivel de proteína de las malas hierbas fue alto, o bien, porque la producción más alta en los tratamientos sometidos a dosis altas de nitrógeno (Mosquera y González, 1997) hizo que las plantas desarrolladas en estos tratamientos presentasen un estado

fenológico más avanzado, y una mayor proporción de material envejecido y espigado. En el segundo año, no se encontraron diferencias en función del tratamiento en cuanto al porcentaje de trébol o malas hierbas en el pasto, sin embargo, sí se observó un mayor contenido en caso del tratamiento N2K1, que presentó unas producciones bajas. En los últimos años, a pesar de que la proporción de trébol fue superior en todos los tratamientos y hubo diferencias significativas entre ellos, no se encontró efecto alguno sobre el contenido de proteína del pasto. Esto podría explicarse porque la concentración de N en el trébol tiende a reducirse con las dosis más altas de potasio (Simpson *et al.*, 1988, Mosquera y González, 1997) y porque en los últimos dos años hubo una respuesta positiva de la producción a la fertilización potásica (Mosquera y González, 1997).

En general, el contenido en P de la hierba estuvo positivamente afectado por la fertilización nitrogenada en el primer corte y negativamente en los siguientes. Este patrón de comportamiento también fue observado por Hopkins *et al.* (1994) analizando dos cortes del año (primero y cuarto). El efecto del nitrógeno sobre el contenido en P no parece claro, encontrándose autores que opinan que, o bien, no hay efecto, o bien, que produce una reducción o un aumento de este macroelemento en el pasto (Whitehead, 1995). En nuestro caso, el motivo fue probablemente debido a que el aporte de nitrógeno implica un adelanto en el crecimiento de la hierba a principios de la estación de crecimiento y permite un mejor desarrollo de la misma, con lo que aumenta su contenido en P cuando se aplica fertilización nitrogenada en ese período (Wilman *et al.*, 1994). En los cortes siguientes y, en general, el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de P fue el opuesto al encontrado para el primer corte. En este caso, existió una respuesta negativa del trébol al aporte de nitrógeno lo que supuso un nivel más alto de P en el pasto de las parcelas no abonadas, debido al mayor contenido de P de esta especie (Willman *et al.*, 1994).

En cuanto al K (Tabla 3), según Whitehead (1995) la fertilización nitrogenada reduce el contenido en el pasto cuando la concentración en el suelo de dicho macroelemento está por debajo de 20 mg g⁻¹, pero lo aumenta o no tiene efecto cuando la concentración está por encima de 20 mg g⁻¹. En nuestro caso, ese límite de 20 mg g⁻¹ de K no fue superado prácticamente en ningún momento, y, sin embargo, la fertilización nitrogenada no afectó significativamente al nivel de K en el pasto. Los contenidos de K fueron menores en la dosis 0 de potasio para las tres dosis de nitrógeno en los últimos tres años de estudio, resultando las primeras diferencias para la dosis alta (año 1990) después media (año 1991) y finalmente para la baja (año 1992). Esto se debe a las fuertes extracciones que se realizaron de este elemento por el pasto durante cuatro años y que no fueron repuestas. Por otra parte, la aplicación de potasio al suelo favoreció el crecimiento del trébol, aumentando la proporción de esta especie en el pasto, sobre todo

cuando los factores climáticos fueron favorables. El resultado de este efecto fue una elevación de la concentración de K en el pasto, ya que el trébol es una especie que tiende a extraer y acumular este macroelemento (Whitehead, 1995; Babnik *et al.*, 1996), sobre todo cuando su concentración en el suelo es limitante (Mosquera y González, 1997).

Por lo que respecta al Ca (Tabla 3), Hopkins *et al.* (1994) y Babnik *et al.* (1996) han observado que la fertilización nitrogenada reduce el contenido de este macroelemento en el pasto. Sin embargo, al igual que Whithead (1995) en este trabajo no se ha encontrado efecto alguno en este sentido, a pesar de las diferencias de presencia de trébol en los distintos tratamientos y del mayor contenido de esta especie en Ca con respecto a las gramíneas. Quizás, la explicación hay que buscarla en la gran cantidad de malas hierbas presentes en los tres últimos años que, por lo general, contienen elevados niveles de Ca (Pinto *et al.*, 2000).

El nivel de Mg (Tabla 3) en el pasto se vio negativamente afectado por las dosis altas de potasio en combinación con dosis altas de nitrógeno, tal y como observaron también Simpson *et al.* (1988) y Hopkins *et al.* (1994). Esto puede explicarse porque la fertilización potásica tiende a reducir el contenido de Mg y generar hipomagnesemia (Dampney, 1992), y se puede ver agravado por las mayores producciones producidas por aquellos pastos desarrollados con altas dosis de nitrógeno que generaría un efecto de dilución. El valor límite de 2 mg g⁻¹ de Mg (Cornforth y Sinclair, 1984) por debajo del cual se encuentra riesgo de hipomagnesemia se supera en la primavera del primer y cuarto año, así como en el otoño de los tres últimos años. En el último corte de la primavera este límite es superado claramente, llegando incluso a doblarse en el segundo año tal y como encontraban Rodríguez-Novoa (1978) y Monterroso (1995).

El análisis del pasto indica que se cubren las necesidades de mantenimiento de proteína (73-112 mg g⁻¹), P (3-4 mg g⁻¹) y K (8 mg g⁻¹) de las vacas de leche (CAB, 1980; Reid y Horvath, 1980). Sin embargo, los contenidos en Ca (5 mg g⁻¹) podrían ser limitantes cuando la proporción de raigrás es alta, lo que se solventa cuando se incrementa la presencia de dicotiledóneas en el pasto (Pinto *et al.*, 2001)

CONCLUSIONES

El efecto del corte y del año han sido muy importantes, produciéndose en general un aumento de la proporción de trébol y de los niveles de Ca y Mg en el pasto a medida que avanzaba la primavera, y sucediendo lo contrario con los niveles de proteína, fósforo y potasio. Es importante destacar el aumento notable de los contenidos de Ca en el pasto desde el primer al último año de estudio, lo que está probablemente asociado con el mayor contenido en malas hierbas de la pradera.

De los resultados obtenidos en el presente estudio parece deducirse que tanto el efecto del abonado nitrogenado como del abonado potásico sobre el contenido de proteína y fósforo del pasto fue indirecto, a través de la producción de hierba y de la composición botánica. Así, si cualquiera de estos dos abonos favoreció el aumento de producción, esto condujo a la obtención de pastos de bajos niveles proteicos y fosfóricos debido a la acumulación de material senescente en la base de las plantas y al adelanto en el estado fenológico de éstas (floración). En el caso del P, aquellos tratamientos que favorecieron la presencia del trébol incrementaron el contenido de aquél elemento.

Después de cuatro años de estudio, tanto la proporción de trébol como el contenido en K del pasto tendió a ser mayor con las dosis altas de abonado potásico, lo cual se puede relacionar con los bajos niveles de Mg encontrados, ya que existe una relación negativa entre ambos macroelementos.

El aporte suplementario de Mg en la alimentación del ganado puede ser conveniente para evitar posibles diferencias, sobre todo cuando consume el pasto de otoño.

Parece claro, por tanto que el efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre las diferentes variables del pasto evaluadas viene condicionado por el año y el corte, que afectan directamente a los parámetros de fenología y composición botánica y por lo tanto los principales elementos constituyentes del pasto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Pilar Castro, Ester Iglesias y Pablo González la ayuda prestada en la realización de los análisis químicos y a los medios puestos para la realización de este estudio por el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo y al INIA por la concesión del proyecto titulado "Fertilización y Manejo de Praderas. Dinámica y fertilización de pastos" con número 8084.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BABNIK, D.; ZNIDARSIC-PONGRAC, V.; VERBIC, J.; VERBIC, J., 1996. The effect of fertilization on the concentration of mineral elements in grasses, forbs and legumes from the permanent karst grassland. *Grassland Science in Europe*, 1, 373-376.
- CAB, COMMONWEALTH AGRICULTURAL BUREAU, 1980. *The nutrient requirements of ruminants in livestock. Tech Rev.* Ediciones CAB. Inglaterra.
- CASTRO, P.; GONZÁLEZ, A.; PRADA, D., 1990. Determinación simultánea de nitrógeno y fósforo en muestras de pradera. *XXX Reunión Científica de la Sociedad Española para el estudio de los pastos*, 30, 200-207.
- CORNFORTH, I.S.; SINCLAIR, A.G., 1984. *Fertiliser and lime recommendations for pastures and crops in New Zealand.* New Zealand Ministry Agriculture and Fisheries, 66 pp. Nueva Zelanda.

- DAMPNEY, P.M.R., 1992. The effect of timing and rate of potash application on the yield and herbage composition of grass for silage. *Grass and Forage Science*, **47**, 280-289.
- GARCÍA, P.; MOMBIELA, F.; MOSQUERA, A., 1986a. Efectos del encalado sobre la composición química de praderas establecidas en terrenos a "monte". I. Calcio y fósforo. *Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animales*, **1(3)**, 135-146.
- GARCÍA, P.; MOMBIELA, F.; MOSQUERA, A., 1986b. Efectos del encalado sobre la composición química de praderas establecidas en terrenos a "monte". II. Magnesio, sodio, potasio, aluminio y cobre. *Investigación Agraria, Producción y Sanidad Animales*, **1(3)**, 147-158.
- GONZÁLEZ, A., 1987. Contenido en proteína bruta de una pradera de gramínea y trébol blanco sometida a dosis crecientes de nitrógeno. *Pastos* **17(1-2)**, 79-88.
- GRACE, N.D., 1983. Calcium. En: *The mineral requirements of grazing ruminants* pp 100-105. Ed. N.D.GRACE Occasional Publication of. New Zealand Society of Animal Production. Ruakura (Nueva Zelanda).
- HOPKINS, A.; ADAMSON, A.H.; BOWLING, P.J., 1994. Response of permanent and reseeded grassland to fertilizer nitrogen. 2. Effects on concentrations of Ca, Mg, K, Na, S, P, Mn, Zn, Cu, Co and Mo in herbage at a range of sites. *Grass and Forage Science*, **49**, 9-20.
- LITTLE, T.; HILLS, F.J., 1987. Diseño de parcelas divididas. En: *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*, pp. 87-94. Ed T. LITTLE, F.J. HILLS. Editorial Trillas. California (Estados Unidos).
- MITCHELL, K.J., 1956. Growth of pasture species under controlled environment. 1. Growth at various levels of constant temperature. *New Zealand Journal Science Technology*, **38A**, 203-216.
- MOMBIELA, F.; MATEO, M.E., 1984. Necesidades de cal para praderas en terrenos a "monte". I) Su relación con el aluminio cambiante en suelos sobre granitos y pizarras de Galicia. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Seria Agrícola*, **25(10)**, 129-143.
- MONTERROSO, C., 1995. *Caracterización de los procesos edafogeoquímicos en una escombrera de estériles de lignito en proceso de restauración ambiental. Tesis Doctoral*. Ediciones Universidad de Santiago de Compostela, 300 pp. Santiago de Compostela (España).
- MOSQUERA, R.; GONZÁLEZ, A., 1997. Uso de nitrógeno y potasio para incrementar la producción y persistencia de trébol blanco. *Pastos*, **XXVII (2)**, 207-218.
- MOSQUERA, R.; GONZÁLEZ, A.; RIGUEIRO, A., 1999. *Ecología y manejo de praderas*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, 216 pp. Madrid (España).
- MOSQUERA, R.; GONZÁLEZ, A.; RIGUEIRO, A. 2000. Sward quality affected by different grazing pressures on dairy systems. *Journal of Range Management*, **53(6)**, 603-610.
- PINTO, M.; BESGA, G; RODRÍGUEZ, M., 2000. Chemical composition of species-rich pastures. *FAO/CIHEAM Europea Cooperative Research Network on Pastures and Fodder Crop Production Subnetwork on Lowland Grassland* (en prensa).
- REID, R.L.; HORVATH, D.J., 1980. Soil chemistry and mineral problems in farm livestock. A reviews. *Animal Feed Science and Technology*, **15**, 95-167.
- RODRÍGUEZ-NOVOA, H., 1978. *Estudio de la composición mineral de las especies pratenses de prados de Galicia en relación con el abonado*. Tesis Doctoral. Ediciones Universidad de Santiago de Compostela, 350 pp. Santiago de Compostela (España).
- S.A.S., 1985 *User's guide: Statistics*. SAS Institute Inc., 648 pp. Cary NC (Estados Unidos)
- SIMPSON, D.; WILLMAN, D.; ADAMS, W.A., 1988. Response of white clover and grass to applications of potassium and nitrogen and potassium deficient hill soil. *Journal Agricultural Science*, **10**, 159-167.
- WHITEHEAD, D.C., 1995. *Grassland Nitrogen*. Ediciones CAB International, 397 pp. Wallingford. Oxon (Reino Unido)
- WILLMAN, D.; ACUÑA, G.H.; JOY MICHAUD, P., 1994. Concentrations of N, P, K, Ca, Mg and Na in perennial ryegrass and white clover leaves of different ages. *Grass and Forage Science*, **49**, 422-428.

EFFECT OF NITROGEN AND POTASIC FERTILIZATION ON BOTANIC COMPOSITION AND ON PROTEIN AND MACROELEMENTS CONTENT OF A GRASS-CLOVER SWARD

SUMMARY

The objective of the present experiment was to evaluate the effect of nitrogen and potash fertilisation on botanical composition and on macronutrient content of a pasture for a period of four years. Nine treatments were established in a split-plot design with four replications. The main plots were fertilized with 0, 60 and 120 kg N ha⁻¹ year⁻¹, and 0, 100 and 200 kg K₂O ha⁻¹ were applied to the subplots. The pasture content on crude protein, phosphorous, calcium, potassium and magnesium depended on season, due to the different phenologic state. The effect of the nitrogen and potash fertilisation depended on the effect of the fertiliser on yield and on botanical composition of the pasture, where clover played an important role.

Keywords: Fertilisation, phosphorus, minerals.