

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON PURÍN DE VACUNO SOBRE EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DE UNA MEZCLA DE TRÉBOLES ANUALES COMPARADA CON RAIGRÁS ITALIANO COMO CULTIVOS DE INVIERNO PARA ENSILAR

J. VALLADARES¹, S. PEREIRA-CRESPO², A. BOTANA¹, C. RESCH¹, G. FLORES-CALVETE¹

¹Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo. (INGACAL-CIAM), Apdo. 10, 15080. A Coruña (España). ²Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL). Mabegondo, 15318 Abegondo. A Coruña (España).

Correspondencia: juan.valladares.alonso@xunta.gal

RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio realizado durante dos años en la zona costera de Galicia donde se comparó el rendimiento y valor nutricional de una mezcla de raigrás híbrido con tréboles anuales (RH5L) vs. un cultivo monofito de raigrás italiano (RNA), sembrados en otoño y fertilizados con 0, 50, 100 y 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) procedente de purín de vacuno. El diseño fue en parcelas divididas con el tipo de cultivo como parcela principal y la dosis de N como subparcela, con 4 repeticiones. La cosecha se realizó en un corte único para ensilar a mediados de mayo del año siguiente. En todo el rango de dosis de N el rendimiento de materia seca (MS) y de proteína bruta (PB) de RH5L superó al de RNA con valores medios de 5122 vs. 2289 kg MS ha⁻¹ y de 749 vs. 163 kg PB ha⁻¹ para el tratamiento sin N y de 6170 vs. 4414 kg MS ha⁻¹ y de 819 vs. 275 kg PB ha⁻¹ para el de 150 kg N ha⁻¹, respectivamente. Se concluye acerca del favorable comportamiento de la mezcla de tréboles anuales frente al raigrás italiano, en las condiciones de ensayo.

Palabras clave: tréboles anuales, raigrás italiano, N orgánico, producción, composición botánica

SUMMARY

This work presents the results of a two-year study performed in the coastal zone of Galicia (NW Spain). The yield and nutritive value of a mixture of a hybrid ryegrass and annual clovers (RH5L) was compared to a monoculture crop of Italian ryegrass (RNA), sown in autumn and fertilized with 0, 50, 100 or 150 kg ha⁻¹ of nitrogen (N) from cow slurry. The experiment followed a split-plot design where the crop type was the main plot and the dose of N the subplot, with four replications. The crops were harvested for silage the following spring in a mid-May single-cut. Across all the levels of applied N, dry matter (DM) and crude protein (PB) yield of RH5L was higher compared with RNA, with average values of 5122 vs. 2289 kg MS ha⁻¹ and 749 vs. 163 kg PB ha⁻¹ in the control (without N) and of 6170 vs. 4414 kg MS ha⁻¹ and 819 vs. 275 kg PB ha⁻¹ in the 150 kg N ha⁻¹ treatments, respectively. The annual clovers mixture showed a more favorable performance compared to the pure stand of Italian ryegrass, as winter crops, in the conditions studied.

Key words: annual clovers, Italian ryegrass, organic N, production, botanical composition

INTRODUCCIÓN

En Galicia la producción de leche sigue mayoritariamente un modelo intensivo, dependiente del cultivo del maíz forrajero como cultivo de verano, que suele rotar mayoritariamente con raigrás italiano sembrado en otoño para ensilar a finales de abril-mediados de mayo (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2009). A fin de evaluar las posibilidades de mejorar los resultados de la rotación, trabajos

realizados en los últimos años en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) obtuvieron información acerca del buen comportamiento de tréboles anuales y sus mezclas en cuanto a productividad y contenido proteico (Pereira-Crespo *et al.*, 2012b). La referida intensificación de la producción lechera de Galicia con frecuencia lleva asociada una acumulación de purines en las explotaciones, cuyo uso como fertilizante en la propia granja es obligado en un contexto de racionalidad de la producción. Diversos estudios han abordado el estudio del efecto de la utilización de fuentes de N orgánico en forma de purines, tanto en praderas como en las rotaciones de cultivos invernales con maíz en Galicia, demostrando la potencialidad de los fertilizantes orgánicos para reducir los inputs de N mineral de las explotaciones, rebajar los gastos en la compra de fertilizantes y minimizar las emisiones de contaminantes al medio (Báez-Bernal *et al.*, 2014; García-Pomar *et al.*, 2015a).

Para ampliar el conocimiento acerca del cultivo invernal de las mezclas de leguminosas anuales se planteó un ensayo con el objetivo de evaluar el rendimiento productivo y valor nutricional de una mezcla de tréboles anuales con raigrás híbrido comparado con un monocultivo de raigrás italiano, cuando reciben dosis variables de N procedente de purín de vacuno en el otoño y son cosechadas para ensilar en primavera.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo entre noviembre y mayo durante dos campañas (2012-2013 y 2013-2014) en la finca experimental del CIAM en la provincia de A Coruña (Latitud 43° N, Longitud 8° O) situada en la zona costera atlántica de Galicia, a 100 m. de altitud, de clima templado-húmedo con suelos de textura franco-limosa, profundidad media, con pH 5,96 y unos niveles 14,6 mg L⁻¹ de P (Olsen, extraído en NaHCO₃) y de 201,1 mg L⁻¹ de K (extraído en NH₄NO₃), calificados como moderadamente ácidos y de fertilidad media según Castro-Ínsua *et al.* (2012).

El área experimental, de 1,06 ha, se dividió en 4 bloques dentro de cada uno de los cuales se dispusieron aleatoriamente, siguiendo un diseño de parcelas divididas, dos tipos de cultivo como parcela principal (RH5L: una mezcla de raigrás híbrido y 5 tréboles anuales y RNA: un monocultivo de raigrás italiano no alternativo) y cinco dosis de N procedente de purín (0, 50, 100 y 150 kg N ha⁻¹) como subparcelas. En total, se evaluaron 10 tratamientos (2 cultivos x 5 dosis de N) con 4 réplicas en dos años consecutivos. Cada parcela elemental tenía 5 m de ancho y 66 m de largo, suficientes para la realización de las labores con la maquinaria de la explotación. El purín, procedente del ganado vacuno de leche de la explotación, tenía una riqueza media por m³ de 3,12 kg de N, 1,5 kg de P₂O₅ y 3,9 kg de K₂O y fue aplicado inmediatamente mediante inyección en el terreno el 31 de octubre de 2012 y el 11 de noviembre de 2013, siendo ajustada la dosis considerando una eficiencia total de N del 67% (García-Pomar *et al.*, 2015b). El resto de la fertilización se aplicó según Castro-Ínsua *et al.* (2012) aplicando de fondo en cada subparcela superfosfato del 18% y cloruro potásico del 60% en las cantidades necesarias para complementar el purín y alcanzar un nivel mínimo de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 130 kg ha⁻¹ de K₂O. Toda la superficie de ensayo fue encalada con una dosis equivalente a 1000 kg ha⁻¹ de Ca₂O a finales de octubre de 2012.

La siembra se realizó entre el 2 y el 5 de noviembre de 2012 y el 14 de noviembre de 2013, estando compuesta la fórmula de la mezcla RH5L (en kg ha⁻¹) por 10 kg raigrás híbrido (*Lolium baucheanum* Kvnth.) cv Barsilo, 6 kg de trébol encarnado (*Trifolium incarnatum* L.) cv Contea, 3 kg de trébol micheliano (*T. michelianum* Savi) cv Bolta, 3 kg de trébol persa (*T. resupinatum* L. ssp. *resupinatum*) cv Nitro Plus, 3 kg de trébol alejandrino (*T. alexandrinum* L.) cv Alex y 3 kg de trébol vesiculoso (*T. vesiculosum* Savi) cv Zulu II, mientras que para el tratamiento RNA se utilizaron 40 kg

ha⁻¹ de raigrás italiano no alternativo (*Lolium multiflorum* L.) cv Bolero. Todos los tréboles estaban peletizados e inoculados con *Rhizobium* específicos para su cultivo.

El cultivo se cosechó en un único corte, realizado entre el 21 y 22 de mayo de 2013 y el 13 de mayo de 2014 utilizando una segadora rotativa acondicionadora de rodillos Kuhn FC243-R-GII que segó con una anchura de 2,40 m en el centro de cada parcela elemental con los deflectores abiertos, tomándose una muestra representativa de la hierba recién segada. Tras un presecado de 24 h en la parcela, la hierba se recogió con una rotoempacadora Vicon Opticut RV-1601, obteniéndose una rotopaca en cada parcela elemental. Esta fue pesada en el campo y, de ella, se tomó una muestra en el sentido radial de la rotopaca con una sonda mecanizada (Valladares *et al.*, 2005) para análisis posterior en el laboratorio. La determinación de MS de las muestras se realizó en estufa de aire forzado Unitherm a 80 °C durante 16 horas, siendo molidas posteriormente a 1 mm en molino de martillos. Mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) se estimó el contenido de las muestras secas y molidas en materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), carbohidratos solubles en agua (CSA), carbohidratos no estructurales totales (CNET) así como la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (IVDMO) según lo descrito por Pereira-Crespo *et al.* (2012a). El análisis estadístico fue realizado mediante ANOVA considerando el año y el bloque como factores aleatorios y el cultivo y la dosis de N como factores fijos. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la diferencia mínima significativa protegida por Fisher, empleando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura media y la precipitación acumulada del período de cultivo entre los meses de octubre a mayo fueron, respectivamente, de 10,6 °C y 1094,2 mm en 2012/2013 y de 11,5 °C y 1063,5 mm en 2013/2014. Comparado con la media de los 15 últimos años para dicho período (11,1 °C y 966,2 mm) el ensayo se desarrolló en condiciones de temperatura similares pero más lluviosas que las observadas en dicho período. El cultivo se estableció satisfactoriamente los dos años y se desarrolló sin incidencias apreciables de hierbas adventicias, plagas y enfermedades.

Como se observa en la Tabla 1, como media de los cultivos RH5L y RNA, el presecado del forraje aumentó significativamente el contenido en MS ($p < 0,001$; +10,4 puntos), la concentración (en %MS) de MO ($p < 0,001$; +0,7 puntos) y de FND ($p < 0,001$; +1,4 puntos), disminuyendo el contenido en CSA ($p < 0,05$; -1,9 puntos) y la IVDMO ($p < 0,001$; -1,4 unidades).

No se observó efecto significativo de la interacción Cultivo x Presecado salvo para el contenido en MS, ya que el incremento de MS del raigrás (14,1 puntos) fue más del doble que el observado para la mezcla RH5L.

Tabla 1. Contenido en materia seca, composición química y digestibilidad de la hierba recién segada y presecada 24 h para ensilar (valores medios de los cultivos RH5L y RNA).

Muestra	n	MS	MO	PB	FAD	FND	CSA	CNET	IVDMO
Segada	64	20,7	91,7	10,3	30,9	43,5	26,3	27,6	73,1
Presecada	64	31,1	92,4	10,3	30,6	44,9	24,4	26,6	71,7
<i>p</i>		***	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	***	*	<i>ns</i>	***

n: número total de observaciones; MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (%MS); PB: proteína bruta (%MS); FAD: fibra ácido detergente (%MS); FND: fibra neutro detergente (%MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (%MS); CNET: carbohidratos no estructurales totales (%MS); IVDMO: digestibilidad *in vitro* de la MO.

p: significación del test F en el ANOVA ($p < 0,001$ ***; $p < 0,01$ **; $p < 0,05$ *; *ns*: no significativo).

El efecto de la dosis de N sobre la composición botánica de la mezcla RH5L (Tabla 2) permite observar que no se ve afectado el porcentaje de especies sembradas sobre la MS total, que se mantiene en el rango 98,7-99,2%, mientras que, como era de esperar, el incremento de la dosis de N aplicada reduce la proporción de trébol desde el 90,0% al 70,0% mientras que la del raigrás híbrido aumenta desde el 8,7% al 28,7% de la MS total entre el tratamiento control sin N y 150 kg N ha⁻¹, respectivamente.

Entre otros autores, Streeter y Wong (1988) atribuyen el efecto depresor del crecimiento de las leguminosas cuando se utilizan dosis altas de N al efecto inhibitor del nitrato del suelo sobre el desarrollo de los *Rizobium* si bien en el presente estudio es de destacar, en todo caso, la alta proporción de leguminosas incluso en el tratamiento con mayor aporte de N.

Tabla 2. Efecto de la dosis de N sobre la composición botánica de la mezcla RH5L.

	Dosis de N (kg/ha)				p	e.s.m.
	0	50	100	150		
n	8	8	8	8		
Especies (% MS total)						
Raigrás híbrido	8,7	18,6	22,0	28,7	***	1,14
Tréboles	90,0	80,6	76,0	70,0	**	1,65
Total sembradas	98,7	99,2	98,0	98,7	ns	1,11

n=número total de observaciones; MS: materia seca; p: significación del test F en el ANOVA ($p<0,001$ ***; $p<0,01$ **; $p<0,05$ *; ns: no significativo); e.s.m.: error estándar de la media.

En la Tabla 3 se muestran los valores medios de materia seca, composición química, digestibilidad y rendimiento obtenido en los distintos tratamientos para el forraje presecado. El año afectó significativamente a la composición química del forraje, salvo al contenido en FND, y al rendimiento de proteína bruta pero no modificó ni la digestibilidad ni el rendimiento de MS. El tipo de cultivo afectó significativamente a todos los parámetros evaluados salvo el contenido en FND del forraje, mostrando el raigrás italiano, comparado con la mezcla de tréboles anuales, un superior contenido en MS (39,9 vs. 22,3%), una mayor concentración de MO (94,5 vs. 90,4% MS) y sobre todo de carbohidratos no estructurales (CNET, 38,2 vs. 15,0% MS) y de CSA (36,6 vs. 12,2% MS) y un valor de IVDMO más elevado (74,5 vs. 68,9% MS), mientras que el contenido en PB fue claramente inferior (6,7 vs. 13,9% MS). Los valores medios de PB de las especies sembradas oscilaron entre 5,9 y 6,3 %MS para el raigrás italiano, entre 9,2 y 10,3 %MS para el raigrás híbrido y entre 14,2 y 14,7 %MS para los tréboles anuales (datos no mostrados en las tablas). La elevada ensilabilidad del raigrás italiano y su alto valor energético ha sido indicada en numerosos estudios (por ejemplo, Demarquilly, 1986) y el bajo contenido en proteína corrobora observaciones anteriores de ensayos realizados con aportes de N moderados (Flores *et al.*, 2013).

El rendimiento medio de la mezcla RH5L fue significativamente superior al de RNA (5625 vs. 3293 kg MS ha⁻¹ y 782 vs. 215 kg PB ha⁻¹, respectivamente) reflejando, por un lado, una escasa disponibilidad de N para el raigrás italiano durante el período de cultivo, probablemente influido por las abundantes precipitaciones registradas, y por otro, la capacidad de fijación simbiótica de N de los tréboles anuales.

El rendimiento de ambos cultivos se incrementó linealmente con la dosis de N aplicada, pero lo hizo de forma muy diferente, oscilando los valores medios de RNA entre 2289 y 4414 kg MS ha⁻¹ y entre 163 y 275 kg PB ha⁻¹ y los de RH5L entre 5122 y 6170 kg MS ha⁻¹ y entre 749 y 819 kg PB ha⁻¹ para el tratamiento sin N y la dosis de 150 kg N ha⁻¹, respectivamente. La eficiencia media de uso del N aplicado fue de 13,5 kg MS kg⁻¹ N para RNA y casi la mitad (6,9 kg MS kg⁻¹ N) para RH5L. El

aporte a la producción total de MS de la fracción leguminosa de la mezcla RH5L, entre los niveles sin N y 150 kg N ha⁻¹, fue casi constante mientras que la del raigrás híbrido se incrementó por un factor de 4 entre ambos extremos, con valores de 4593 a 4318 kg MS ha⁻¹ para los tréboles y de 445 a 1764 para el raigrás híbrido, respectivamente.

Tabla 3. Efecto del tipo de cultivo, la dosis de N y el año sobre el contenido en MS, la composición química, el valor nutricional y rendimiento del forraje presecado para ensilar.

	Cultivo			Dosis de N aplicada (kg ha ⁻¹)						Año		
	RH5L	RNA	p	0	50	100	150	p	e.s.m.	2013	2014	p
n	32	32		16	16	16	16			32	32	
MS	22,3	39,9	***	31,8	30,9	30,7	30,9	ns	0,53	37,8	24,4	***
MO	90,4	94,5	***	92,2	92,7	92,4	92,5	ns	0,11	93,6	91,3	**
PB	13,9	6,7	***	11,0	10,3	10,3	9,8	***	0,12	9,6	11,0	*
FAD	34,3	26,9	***	30,1	30,1	31,1	31,2	ns	0,41	29,7	31,5	*
FND	44,9	45,0	ns	43,6	44,0	45,6	46,5	*	0,64	44,3	45,6	ns
CSA	12,2	36,6	***	23,7	25,6	23,9	24,5	ns	0,66	28,0	20,8	**
CNET	15,0	38,2	***	26,0	27,7	26,0	26,6	ns	0,66	29,6	23,7	**
IVDMO	68,9	74,5	**	72,1	72,3	71,3	71,1	ns	0,37	71,7	71,7	ns
Producción												
kg MS ha ⁻¹	5625	3293	**	3705	4285	4554	5292	***	98,24	4298	4620	ns
kg PB ha ⁻¹	782	215	***	456	487	505	547	*	14,7	449	549	**

n: número total de observaciones; MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (%MS); PB: proteína bruta (%MS); FAD: fibra ácido detergente (%MS); FND: fibra neutro detergente (%MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (%MS); CNET: carbohidratos no estructurales totales (%MS); IVDMO: digestibilidad *in vitro* de la MO; p: significación del test F en el ANOVA ($p < 0,001$ ***; $p < 0,01$ **; $p < 0,05$ *; ns: no significativo); e.s.m.: error estándar de la media.

Las interacciones Cultivo x Dosis de N y Dosis de N x Año no fueron significativas para ninguno de los parámetros estudiados, mientras que las observadas para Cultivo x Año fueron de escasa cuantía, lo que sugiere un comportamiento uniforme en el tiempo de los cultivos para las distintas dosis de N en relación a los parámetros estudiados.

CONCLUSIONES

El cultivo de tréboles anuales con raigrás híbrido fertilizado con purín de vacuno tuvo un rendimiento superior al del raigrás italiano. Esta superioridad se fue reduciendo con el incremento de la dosis de N pero se mantuvo a lo largo de todos los niveles de fertilización. La proporción relativa de leguminosa en la mezcla disminuye conforme se aumenta el aporte de N orgánico, pero la contribución de esta fracción al rendimiento total del cultivo permanece constante, correspondiendo al raigrás híbrido acompañante de los tréboles el incremento de rendimiento observado como respuesta al N. El descenso del contenido en PB de las mezclas con el incremento de la dosis de N orgánico aplicada se explica por el aumento de la fracción raigrás debido a su menor contenido en proteína comparado con los tréboles.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos RTA2012-00065-05-02 y RTA2014-00086-C03-03. Adrián Botana Fernández es beneficiario de un contrato predoctoral FPI-INIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Báez-Bernal D., García-Pomar M.I., Gilsanz Rey C., Louro-López A. y Castro-Ínsua J. (2014) Fertilización nitrogenada no millo forraxeiro en rotación con varios cultivos de inverno. *Afriga*, 109, 146-155.
- Castro-Ínsua J., García-Pomar M.I., Piñeiro-Andión J., Blázquez-Rodríguez R. (2012) Fertilización de prados, praderas e forraxes anuais. *Afriga*, 96, 82-92.
- Demarquilly C. (1986) L'ensilage et l'évolution récente des conservateurs. *Bulletin Technique C.R. Z. V. Theix, INRA*, 63, 5-12.
- Fernández-Lorenzo B., Dagnac T., González-Arráez A., Valladares J., Pereira-Crespo S. y Flores G. (2009) Sistemas de producción de leche en Galicia. Evolución y estado actual. *Pastos*, 39 (2), 251-299.
- Flores G., Díaz N., Díaz D., Valladares J., Pereira-Crespo S., Fernández-Lorenzo B., Resch C., Rodríguez-Díz X. y Piñeiro J. (2013) Evaluación de cultivares de raigrás italiano e híbrido como cultivo de invierno para ensilar en primavera. *Pastos*, 43(1), 20-34.
- García-Pomar M.I., Báez-Bernal D., Gilsanz-Rey C. y Castro-Ínsua J. (2015a) Producción y calidad proteica en rotaciones de maíz forrajero con cultivos de invierno con leguminosas. En: Cifré *et al.* (eds) *Pastos y forrajes en el siglo XXI*, pp. 185-192. Palma de Mallorca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- García-Pomar M.I., Báez-Bernal D., Castro-Ínsua J. y Gilsanz-Rey C. (2015b) A aplicación web RAX de recomendación de abonado con xurro no millo forraxeiro. Utilización de métodos rápidos de análisis de xurro. *Afriga*, 115, 132-140.
- Pereira-Crespo S., Valladares J., Flores G., Fernández-Lorenzo B., Resch C., Piñeiro J., Díaz N., González-Arráez A., Bande-Castro M. y Rodríguez-Díz X. (2012a) Prediction of the nutritive value on annual forage clovers and serradella by near infrared spectroscopy (NIRS). *Options Méditerranéennes-Series A: Mediterranean Seminars*, 102, 241-244.
- Pereira-Crespo S., Flores G., Díaz N., Fernández-Lorenzo B., Resch C., Valladares J. González-Arráez A., Bande-Castro M.J. y Rodríguez-Díz, X. (2012b) Rendimiento y valor nutritivo de nuevas leguminosas anuales como cultivo de invierno en rotaciones forrajeras intensivas de Galicia. *Pastos*, 42(1), 29-50.
- SAS Institute (2009) *Stat User's guide*, V.9.2, SAS Institute INC., Cary, NC, USA.
- Streeter J. y Wong P.P. (1988) Inhibition of legume nodule formation and N₂ fixation by nitrate. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 7(1), 1-23.
- Valladares J., Flores G., González-Arráez A., Fernández-Lorenzo B., Castro P. y Cardelle M. (2005) Diseño de una sonda mecanizada para toma de muestras de silo. En: Osoro *et al.* (eds) *Producciones agroganaderas, gestión eficiente y conservación del medio natural*, pp. 145-152. Gijón, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.