producción de menor coste, en los cuales el papel del trébol puede ser decisivo.

Respuestas al abonado nitrogenado

La respuesta al abonado nitrogenado depende en gran medida de la composición botánica del pasto. El rendimiento de una pradera de gramíneas puede incrementarse linealmente con el aporte de hasta 300 kg. N/ha. (38). MORRISON *et al.* (43) encuentran rendimientos máximos con cantidades comprendidas entre 540-678 kg/ha. en pastos segados cada cuatro semanas, mientras que cuando sólo se dieron cuatro cortes al año el máximo se situaba entre 396-754 kg/ha. (42). La cantidad de N a partir de la cual la respuesta a la última unidad de N aplicada caía por debajo de los 10 kg/ha. de materia seca era, no obstante, bastante inferior situándose entre el 60 y el 50 por 100, respectivamente, en los casos antes mencionados. En Galicia se han encontrado incrementos lineales en el rendimiento hasta los 240 kg/ha. (GONZALEZ, comunicación personal), mientras que en los ensayos llevados a cabo por el ITG del vacuno en Navarra (27) en praderas naturales con escaso contenido de trébol se obtienen rendimientos máximos con dosis que pueden llegar a los 400 kg/ha., pero se consideran rentables sólo las comprendidas entre los 50-100 kg/ha. repartidas en uno o dos cortes.

En el caso de las praderas mixtas, al ser el rendimiento mayor cuando no se aplica N que en las praderas de gramíneas y dado que las producciones son las mismas para altas dosis (Fig. 7), la respuesta al abonado nitrogenado es bastante más moderada. En las condiciones de Gran Bretaña (44) una pradera mixta con un fuerte componente de trébol puede llegar a producir lo mismo que una de gramínea con 400 kg. N/ha. En Galicia las cantidades a aplicar a la pradera de gramínea para igualar la producción de la mixta oscilan entre los 200 y 500 kg. N/ha. (22). En Navarra (27) cuando el contenido en trébol del pasto es importante, no se encuentran respuestas significativas a la aplicación de N en cuatro años, siendo las producciones, generalmete, superiores a las 10 t/ha. de materia seca.

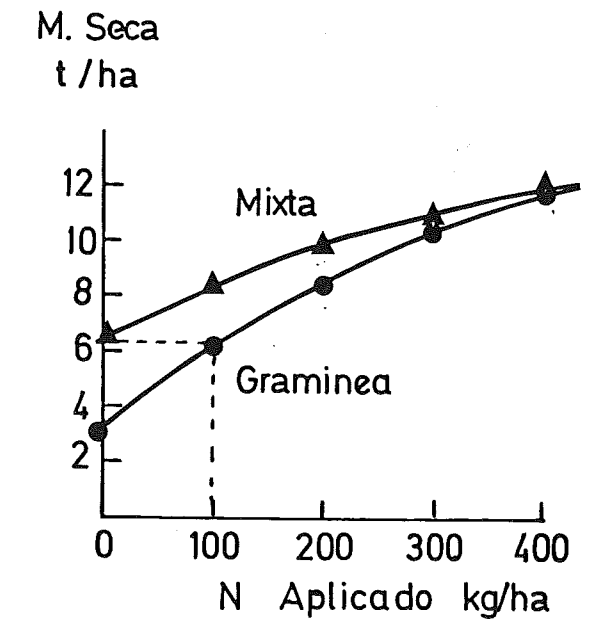


FIG. 7.—*Efecto de la aplicación de N sobre la producción en una pradera mixta (gramíneas + leguminosas) y de gramíneas.*

Efecto sobre la composición botánica y la fijación de N

La aplicación de N a una pradera mixta generalmente afecta al contenido de trébol. En Galicia se ha observado que éste disminuye incluso con dosis de 40 kg/ha. (21) aunque su recuperación es posible aun cuando se han aplicado dosis más elevadas, siempre que el manejo posterior tienda a favorecer su desarrollo y el nivel del suelo en elementos fertilizantes como el potasio no sea limitante (GONZALEZ, comunicación personal, 45). La fijación de N descendió de 345 a 130 por aplicación de 200 kg. de N/ha. en praderas mixtas de Galicia (21).

Estrategia de la aplicación de N

La respuesta al N de una pradera de gramínea, en primavera, es de dos a tres veces mayor que en el resto

del año, mientras que en el caso de una mixta, la diferencia no es tan grande (38). Esto hace que en la mayoría de los países, el abonado nitrogenado se concentre en la época de primavera, sobre todo en aquellos casos en que el verano suele ser seco o en los que el contenido de trébol del pasto puede garantizar una buena producción en esta época. MORRISON *et al.* (44) indican que en pastos con buen contenido de trébol es posible incrementar la eficiencia del pastoreo con aplicaciones de 50 kg. N/ha. a principios de primavera por permitir adelantar la salida al pasto.

En cuanto al comienzo de la aplicación del N las recomendaciones suelen basarse en medidas de la temperatura del suelo (por encima de los 50° C, 38) o en la suma de temperaturas por encima de los 0° C a partir del 1 de enero. En Holanda se aplica N cuando esta suma alcanza el valor 200 (54) y pudiera ser que esto también fuera aplicable a Navarra (IRIARTE, comunicación personal).

Otros nutrientes

Azufre

En estos últimos tiempos, está creciendo el interés del azufre (S) como elemento fertilizante. Las razones son varias (25): a) una mayor utilización de abonos de alta graduación que contienen poco o nada de S, b) el aumento de los rendimientos de las cosechas que se hacen consecuentemente más exigentes en elementos nutritivos, c) una menor utilización del S como fungicida e insecticida y d) el aumento en la utilización de combustibles bajos en S en sustitución del carbón y la madera.

En experimentos recientes sobre fertilización con S en Irlanda (47) se han encontrado incrementos del 100 por 100 en el rendimiento de materia seca de la hierba a finales de año, y en ensayos en pastoreo con terneros frisones se conseguía incrementar en un 20 por 100 la carga en las parcelas tratadas con 25 kg. S/ha. en marzo y otros 25 kg. en junio.

El efecto del S parece depender del nivel de N en la dieta. Esto ha conducido a la utilización de la relación N/S como índice de diagnóstico de la deficiencia en este elemento. Valores de 34/1 se consideran adecuados para terneros, de 10/1 para ovejas (8) y de 16/1 para ganado vacuno (51).

Micronutrientes

Según MILLS y WILLIAMS (36): «Los diversos autores tienen tendencia a sostener puntos de vista apasionados sobre la importancia de los micronutrientes en la nutrición. Algunos atribuyen todo desorden no claramente asociado con un patógeno a la deficiencia o toxicidad de un determinado micronutriente. Otros se olvidan de ellos como si fueran irrelevantes en la práctica y suponen que su suministro está asegurado por el medio ambiente». En la actualidad existen revisiones suficientemente extensas sobre el efecto de los micronutrientes en la nutrición de las plantas y animales (3, 34) por lo que sólo mencionaremos aquellos casos en los cuales un aporte del elemento como fertilizante haya demostrado un efecto positivo ya sea en la producción de pasto como en la producción animal.

En este último caso están el Co y el Se. Se encuentran deficiencias de Co en áreas asociadas con suelos fuertemente lixiviados y de textura arenosa (55). En éstos la adición de 2,2 kg. Co/ha. como fertilizante parece elevar el contenido en planta por encima de los mínimos exigidos para una adecuada nutrición. En Irlanda (17) se asocian a suelos derivados de granitos, areniscas y suelos turbosos y en general a todos los casos en el que el suelo sea rico en Mn. En cuanto a la deficiencia de Se o enfermedad del músculo blanco su remedio a través de la aplicación de este elemento al suelo es cuestionable dadas las bajas cantidades necesarias y el riesgo de incurrir en posibles toxicidades.

El efecto de una fertilización con micronutrientes sobre la calidad nutritiva de los forrajes y sobre su productividad no está demasiado documentada (55). La utilización del B en alfalfa es una práctica común en los Estados Unidos (64) encontrándose la máxima respuesta con la aplicación de 2-3 kg. B/ha. generalmente en forma de

Borax ($Na_2B_4O_7.10H_2O$, aprox. 11 por 100 B) (48). La deficiencia de Mo ha sido detectada en amplias zonas de Australia y Nueva Zelanda (4, 15). En España se han encontrado respuestas en el establecimiento del trébol subterráneo en pastizales de Extremadura (29). Estas deficiencias se corrigen con aplicaciones de 50-100 g. Mo/ha. ya sea en forma de molibda amónico (54 por 100 Mo) o sódico (39 por 100) bien aplicado al suelo, o más frecuentemente a la semilla junto con el inóculo (48). La deficiencia de cobre suele ser frecuente en suelos con alto contenido de materia orgánica que han sido recientemente puestos en producción (6, 16). Aplicaciones entre 10 y 20 kg/ha. de sulfato de cobre pentahidratado suelen ser suficientes para asegurar un buen suministro a la planta (48). En el ganado, la deficiencia de Cu suele producirse en pastos con altos contenidos de S y Mo por la formación de timolibdatos que acomplejan al Cu impidiendo su absorción en el estómago de los animales (44).

Agradecimientos

Parte de los datos que ilustran esta ponencia proceden de los proyectos 5915 y 0674/81.C2 financiados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) y la Comisión Asesora para la Investigación Científica y Técnica (CAICYT), respectivamente. Deseo agradecer a Marta Rodríguez, del SIMA del País Vasco, y a Eusebio Iriarte, del ITG del vacuno de Navarra, sus comentarios sobre los resultados de los ensayos realizados en sus Comunidades Autónomas respectivas; a Koldo Osoro, sus sugerencias para la mejora del manuscrito original, y a Mónica Cabrito, por el mecanografiado de éste.

Bibliografía

(1) ADAMS, F. (1978). «Liming and fertilization of Ultisols and Oxisols». En ANDREW, C. S., y KAMPRATH, E. J. (eds.), *Mineral Nutrition of Legumes in Tropical and Subtropical Soils*. CSIRO. Melbourne. Australia.

(2) ALLEY, M. M., y HAWKINGS, G. W. (1984). «Liming and phosphorus fertilization practices for newly-cleared mineral soils». *Fert. Issues*, 1, 34-37.

(3) AMMERMAN, C. B., y GOODRICH, R. D. (1983). «Advances in mineral nutrition in ruminants». *J. An. Sci.*, 52: 519-533.

(4) ANDERSON, A. J. (1956). «Molybdenum as a fertilizer». *Adv. Agron.*, 8: 163-202.

(5) ARNON, D. J., y JOHNSON, C. M. (1942). «Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions». *Plant Physiol.*, 17: 525-539.

(6) BERGER, K. C. (1965). *Introductory Soils*. The MacMillan Co. NY.

(7) BLACK, C. A. (1968). *Soil plant relationships*, 2.ª ed. NY.

(8) BRAY, A. C., y HEMSLEY, J. A. (1969). «Sulphur metabolism of sheep. IV. The effect of a varied dietary sulphur content on some body fluid sulphate levels and on the utilization of urea supplemented roughage in sheep». *Australian J. Agric. Res.*, 20: 756.

(9) COLEMAN, N. T., y CRAIG, D. (1961). «The spontaneous alteration of hidrogen clay». *Soil Sci.*, 91: 14-18.

(10) COLEMAN, N. T., y THOMAS, G. V. (1967). «The basic chemistry of soil acidity». En PEARSON, R. W., y ADAMS, F. (eds.), *Soil Acidity and Liming. Agronomy 12. Amer. Soc. Agron. Madison. Wis. USA.*

(11) COLEMAN, N. T.; WEED, S. B., y Mc CRACKEN, R. J. (1959). «Cation exchangeable capacity and exchangeable cations in Piedmont soils of North Carolina». *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 23: 146-149.

(12) COLWELL, J. D. (1967). «The calibration of soil tests». *J. Aust. Inst. Agric. Sci.*, 33: 321-329.

(13) COOKE, G. W. (1978). «Changing concepts on the use of potash». En *Potassium research. Review and trends.* Procs. 11th Cong. Int. Potash Inst. Berna.

(14) COX, W. J. (1973). «Potassium for patures». *J. Agric. West Austr.*, 14, 3: 3-7.

(15) DURING, C. (1972). «Fertilizers and soils in New Zealand farming». *N. Z. Dept. Agric. Bull.*, núm. 409. Wellington. NZ.

(16) FLEMING, G. A. (1978). *Trace elements in Irish Agriculture*. The Fert. Assoc. Ir., New Ross Com. Workshop, Ireland.

(17) FLEMING, C. A. (1983). «Aspects of the soil chemistry of cobalt». En *The significance of Trace Elements in Solving Petrogenotic Problems and Controversies.* Theopharastus Pub. Atenas.

(18) FLOATE, M. J. S. (1977). «British Hill Soil problems». *Soil Sci.*, 5: 325-331.

(19) GARCIA, P.; MOMBIELA, F., y MOSQUERA, A. (1986). «Efectos del encalado sobre la composición química de praderas establecidas en terrenos " a monte". I. Calcio y fósforo». Enviado para su publicación a Investigaciones Agrarias.

(20) GARCIA, P.; MOMBIELA, F., y MOSQUERA, A. (1986). «Efec-

tos del encalado sobre la composición química de praderas establecidas en terrenos "a monte". II. Magnesio, sodio, potasio, aluminio y cobre». Enviado para su publicación a Investigaciones Agrarias.

(21) GONZALEZ, A. (1982). «Respuesta de la pradera mixta a la aplicación nitrógeno. Fijación de nitrógeno». *Pastos,* XXI, 1: 107-117.

(22) GONZALEZ, A. (1986). «El trébol blanco y el fertilizante nitrogenado como fuentes de nitrógeno para la pradera». *XXVI Reunión Cient. SEEP.* Oviedo.

(23) HAUSER, G. F. (1973). «The calibration of soil tests for fertilizer recommendations». *FAO Soils Bull.,* 18. Roma.

(24) HANWAY, J. J. (1973). «Experimental methods for correlating and calibrating soil tests». En WALSH, L. M., y BEATON, J. D. (eds.), *Soil Testing and Plant Analysis.* Soil Sci. Soc. Amer. Madison. WIS.

(25) HARDER, R. W. (1969). «Sulphur fertilizer in the Pacific Northwest, 1955-1968». *Sulphur. Inst. J.,* 5: 11-12.

(26) HIGNETT, S. L., y HIGNETT, P. G. (1951). «The influence of nutrition on reproductive efficiency in cattle. 1. The effect of calcium and phosphorus intake on the fertility of cows and heifers». *The Veterinary Record,* 63: 603-609.

(27) IRIARTE, E. (1985). «Abonado en praderas». *Navarra Agraria,* 9: 57-69.

(28) JARVIS, S. C. (1984). *Acid Soils.* Grassland Research Institute Annual Report, 1983-1984.

(29) JIMENEZ MOZO, J.; MARTINEZ, A. T., y LIBRAN, D. (1980). «Consideraciones sobre las necesidades nutritivas referentes a elementos secundarios y oligoelementos en praderas sembradas y pastos naturales en Extremadura». *Anal. INIA, Ser. Prod. Veg.,* 12: 71-85.

(30) KAMPRATH, E. J. (1972). «Soil acidity and liming». En *Soils on the Humid Tropics.* Nat. Acad. Sci. Washington, DC.

(31) KAMPRATH, E. J., y WATSON, M. E. (1980). «Conventional soil and tissue tests for assesing the phosphorus status of soils». En KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C., y KAMPRATH, E. J. (eds.), *The Role of Phosphorus in Agriculture.* ASA, CSSA, SSA. Madison. WIS.

(32) KARLOVSKY, J. (1975). «How much phosphate do we really need?». *Agric. Sci.,* 9: 149-161.

(33) KEMP, A., y T'HART, M. L. (1957). «Grass tetany in grazing milking cows». *Neth. J. Agric. Sci.,* 5: 4-17.

(34) LITTLE, D. A. (1982). «Utilization of minerals». En HACKER, J. B. (ed.), *Nutritional Limits to Animal Production from Pastures.* Farnham Royal. Com. Ag. Bur. Londres. RU.

(35) MIDDLETON, K. R. (1973). «Estimation of the fertiliser rate for maintaining pasture production». *N. Z. Soil News,* 21, 1: 17-22.

(36) MILLS, C. F., y WILLIAMS, R. B. (1971). «Problems in the determination of the trace element requeriments of animals». *Nutr. Soc. Proc.,* 30: 83-91.

(37) MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (MAFF) (1979). *Fertilizer recommendations for agricultural and horticultural crops.* Londres. RU.

(38) MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (MAFF) (1983). *Nitrogen for grassland. ADAS, booklet 2042.* Londres. HMSO.

(39) MOMBIELA, F., y MATEO, M. E. (1982). «Efectos del encalado sobre el rendimiento de la pradera y sobre el pH, el Al cambiable y la CIC efectiva del suelo en dos tipos de suelos ácidos de Galicia». *Anales INIA. Ser. Agric.,* 25: 129-143.

(40) MOMBIELA, F., y MOSQUERA, A. (1986). *Pastures to P and K on reclaimed scrubland of Galicia (NEW Spain).* Proc. Int. Symp. Eur. Gras. Fed. Setubal, Portugal.

(41) MOMBIELA, F.; NELSON, L.; FERNANDEZ, A., y GONZALEZ ANDUJAR, R. L. (1986): «Residual soil P values for perennial pastures on reclaimed scrubland from Galicia (NW Spain)». *Fert. Res.* (en prensa).

(42) MORRISON, J. (1980). «The influence of climate and soil on the yield of grass and its response to fertiliser N.». En *The Role of Nitrogen in Intensive Grassland Production.* Eur. Gras. Fed. Int. Symp. Wageningen.

(43) MORRISON, J.; JACKSON, M. V., y SPARROW, P. E. (1980). *The response of perennial ryegrass to fertilizer N in relation to climate and soil.* Report of the joint ADAS/GRI grassland manuring Trial-GM20. GRI Tech. Report 27 Hurley.

(44) MORRISON, J.; DENEHY, H. L.; CHAPMAN, P. F. (1982). *Possibilities for the startegic use of fertiliser N on white clover/grass swards.* Procs. 9th. Gen. Meetg. Eur. Gras. Fed. Corral, A. J. (ed.). Brit. Gras. Soc. GRI. Hurley. RU.

(45) MORRISON, J.; NEWTON, J. E., y SHELDRICK, O. B. E. (1985). «Management and utilization of white clover». *Information Leaflet,* núm. 14. AGRI. North Wyke, Devon. RU.

(46) MOSQUERA, A., y MOMBIELA, F. (1986). «Comparison of three methods for the determination of soil Al in an unbuffered salt extract». *Comm. Soil Sci. Pl. Anal.,* 17, 1: 97-113.

(47) MURPHY, L. S., y WALSH, L. M. (1972). «Correction of micronutrient deficiencies with fertilizers». En MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M., y LINDSAY, W. L. (eds.), *Micronutrients in Agriculture.* Soil Sci. Soc. Amer. Madison. WIS.

(48) MURPHY, M. D.; BROGAN, J. D., y NOONAN, D. G. (1963). *An evaluation of sulphur fertilization with grazing cattle.* The Agric. Inst. Johnstown Cattle Res., Contr.

(49) OZANNE, P. G. (1980). «Phosphate nutrition of plants. A general treatise». En KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. S., y KAMPRATH, E. J. (eds.), *The Role of Phosphorus in Agriculture.* SSSA. Madison. WIS.

(50) PEARSON, R. W., y HOVELAND, C. S. (1974). «Lime needs

for forage crops». En MAYS, D. A. (ed.), *Forage Fertilization.* ASA. CSSA, SSSA. Madison. WIS.

(51) PENDLUM, L. C.; BOLING, J. A., y BRADLEY, N. W. (1976). «Plasma and ruminal constituents and performance of steers fed different nitrogen sources and levels of sulphur». *J. Anim. Sci.,* 43: 1307.

(52) PIERRE, W. H. (1931). «Hydrogen-ion concentration, aluminium concentration in the soil solution, and percent base saturation as factors affecting plant growth in acid soils». *Soil Sci.,* 31: 183-207.

(53) PIÑEIRO, J.; GONZALEZ, E., y PEREZ, M. (1977). «Acción del fósforo, potasio y cal en el establecimiento de praderas en terrenos procedentes de monte». *III Seminario INIA/SEA sobre Pastos, Forrajes y Producción Animal.* INIA. Mabegondo. La Coruña.

(54) POSTMUS, J., y SCHEPERS, J. H. (1980). «Temperature sum and date of spring application of nitrogen on grassland. Results in the Netherlands». En PRINS, H., ARNOLD, G. H. (eds.), *The Role of Nitrogen in Intensive Grassland Production.* Procs. Int. Symp. Eur. Gras. Fed. Wageningen. The Netherlands.

(55) REID, R. L., y JUNG, G. A. (1974). «Effects of elements other than nitrogen on the nutritive value of forage». En D. A. MAYS (ed.), *Forage Fertilization.* ASA, CSSA, SSSA. Madison. WIS.

(56) REID, R. L., y HORVATH, D. J. (1980). «Soil chemistry and mineral problems in farm livestock, a review». *An. Feed Sci. Tech.,* 15: 95-167.

(57) RUSSEL, E. W. (1973). *Soil conditions and Plant Growth,* 10.ª ed. Longmans. Londres. RU.

(58) SANCHEZ, P. A., y HUEHARA, G. (1980). «Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity». En KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C., y KAMPRATH, E. J. (eds.), *The Role of Phosphorus in Agriculture.* ASA, CSSA, SSSA. Madison, WIS.

(59) SCOTT, M. L. (1972). «Trace elements in animal nutrition». En MORTVEDT, P. P.; GIORDANO, P. M., y LINDSAY, W. L. (eds.), *Micronutrients in Agriculture.* Soil Sci. Sco. Amer. Madison. WIS.

(60) TISDALE, L. T., y NELSON, W. L. (1975). *Soil Fertility and Fertilizers,* 3.ª ed. MacMillan Publishing Co. Inc. New York.

(61) VIETS, F. G. (1977). «A perspective on two centuries of progress in soil fertility and plant nutrition». *Soil Sci. Soc. Am. J.,* 41: 242-249.

(62) VLAMIS, J. (1953). «Acid soil infertility as related to soil solution and soil phase effects». *Soil Sci.,* 75: 383-394.

(63) WISE, M. B.; ORDOVEZA, A. L., y BARRICK, E. R. (1963). «Influence of variations in dietary calcium/phosphorus ratios on performance and blood constituents of calves». *J. Nutr.,* 79: 79.

(64) WOODHOUSE, W. W., y GRIFFITH, W. K. (1973). «Soil fertility and fertilization of forages». En GRIFFITH, M. E.; METCALFE, D. S., y BARNES, R. E. (eds.), *Forages. The Science of Grassland Agriculture.* The Iowa Univ. Press. Ames. I.

COMUNICACIONES

Fertilización de praderas con purín de vacuno. Aplicación a final de invierno para un corte de silo

C. Gómez, I. Sempere y M. E. Mateo Canalejo

Investigaciones Agrarias
La Coruña

RESUMEN

Se estudia la aplicación (final de invierno) de cinco dosis de purín (0, 30, 60, 90 y 120 m.^{3}/ha.) y tres dosis de nitrato amónico cálcico (40, 80 y 120 kg. N/ha.) en pradera con un corte de silo. Había una respuesta positiva al purín (5-7 por 100 m.s.), pero a partir de los 60 m.^{3}/ha. los incrementos de producción son pequeños. La eficiencia del N-purín oscilaba entre un 33 por 100 en 1981 y un 71 por 100 en 1984. El trébol en el pasto disminuye al incrementar la dosis de nitrógeno, pero esta disminución era mayor con nitrato que con purín. Con purín de vacuno se incrementó de forma notable los contenidos de nitrógeno y potasio en la hierba y de potasio en el suelo.

SUMMARY

There were 5 doses of cattle slurry (0, 30, 60, 90, 120 m.^{3}/ha.) and 3 doses of calcium nitrate ammonium (40, 80, 120 kg. N/ha.). Fertiliser and slurry were applied about the end of winter (March) each year, and firs harvest (silage-cut) was taken in May. There was a positive yield response to slurry, but with higher dose of 60 m.^{3}/ha. the increasing production is very low. The nitrogen efficiency at a medium rate (120 kg. N/ha.) was between 33 % in 1981 and 71 % in 1984. There was more clover in the cattle slurry plots thant in the nitrate. Grass from slurry plots had higher nitrogen and

potasium content than from the fertiliser plots. Soil analyses showed that cattle slurry plots had the highest potasium levels.

Introducción

En Galicia, como en toda la Cornisa Cantábrica, la fertilización de praderas con purín de vacuno es una práctica agrícola corriente. Los agricultores lo utilizan como cualquier fertilizante nitrogenado, obteniendo excelentes respuestas en producción y algún que otro problema (malas hierbas, parásitos, etc.). Además de nitrógeno, los purines contienen cantidades importantes de potasio, calcio y fósforo con lo cual es posible, si se utilizan eficientemente estos nutrientes, un ahorro importante en fertilizantes minerales.

Precisamente para obtener un máximo aprovechamiento de estos nutrientes el purín de vacuno debería ser reciclado en primer lugar a las áreas de producción de silo o heno; con ello, además, reducimos los riesgos de contaminación por parásitos y los rechazos por malos olores.

El objetivo de este ensayo era obtener información sobre los efectos de aplicar purín a una pradera con un corte de silo.

Material y ensayos

El ensayo tenía ocho tratamientos: cinco dosis de purín (0, 30, 60, 90 y 120 m.³/ha.) y tres dosis de nitrato amónico cálcico del 20,5 por 100 N (40, 80 y 120 kgs. N/ha.). El primer año (1981) las dosis de purín fueron: 0, 12, 24, 48 y 96 m.³/ha. Los tratamientos se repitieron durante cuatro años (1981-84) siempre sobre las mismas parcelas.

Purín y nitrato se aplicaban una sola vez a final de invierno (marzo). El régimen de cortes fue primer corte en mayo (corte silo), correspondiendo al inicio de espigado, y dos cortes más, uno en julio y otro en noviembre.

El diseño experimental fue bloques al azar con seis repeticiones. El ensayo estaba localizado en una parcela

de la finca de Mabegondo (La Coruña) del Centro de Investigaciones Agrarias. La pradera tenía una composición florística básicamente de raigrás inglés, dáctilo y trébol blanco.

Todos los tratamientos recibieron una fertilización basal en fósforo y potasio que cubrían unos mínimos de 100 kgs. P_2O_5 y 100 kgs. K_2O por hectárea. Con el purín se tenían en cuenta los aportes en las correspondientes dosis.

Resultados y discusión

Composición del purín aplicado

La composición del purín aplicado en los cuatro años de ensayo se presenta en la Tabla 1.

TABLA 1
COMPOSICION DEL PURIN (1981-84)

Fecha aplicación	*M. S. (%)*	*Kg/m³*				
		N	*P_2O_5*	*K_2*	*CaO*	*MgO*
12-3-81	6,1	2,5	0,9	6,9	1,5	0,5
4-3-82	6,8	2,8	0,6	1,6	0,7	—
3-3-83	4,3	2,7	0,6	4,0	1,7	0,6
5-3-84	6,4	2,7	1,2	2,5	1,4	0,6

Nota.—Los purines antes de aplicarlos se homogeneizaban en la fosa mediante un batidor de estiércoles.

Inicialmente cabe destacar la relativa uniformidad de los purines aplicados. En su momento se procuró que no fuesen ni demasiado diluídos ni excesivamente compactos o espesos para el pasto. En gran medida esto se consiguió y el resultado fue unos purines con un contenido en materia seca entre un 5 y 7 por 100. Estos purines, que en principio parecen los más recomendables para aplicaciones en pradera, tienen un grado de dilución aproximado de 1:1, es decir, por cada volumen de deyeccio-

nes (heces + orina), tienen otro volumen aproximadamente igual de agua.

Los contenidos en nitrógeno y fósforo por metro cúbico oscilaban entre 2,5 y 2,8 kgs. N y 0,6 y 1,2 kgs. P_2O_5 intervalos de variación que podemos considerar aceptables dentro de la relativa uniformidad de los purines aplicados. No podemos decir lo mismo del potasio cuyo intervalo de variación es mucho mayor, va de un mínimo de 1,6 a un máximo de 6,9 (más de cuatro veces el valor mínimo), lo cual viene a coincidir con las informaciones de varios autores (1, 2) que indican las fuertes oscilaciones en los contenidos en potasio incluso en purines muy semejantes. El hecho de que este elemento se encuentre en su mayor parte en la fracción líquida del purín y la falta de un método apropiado que permita una buena homogeneización del producto parece ser la causa más probable de estas grandes oscilaciones.

Respuesta del pasto a las aplicaciones de purín y nitrato

En la Figura 1 están representadas las producciones medias de cuatro años (1981-1984) correspondientes a las dosis de purín y nitrato. Las producciones obtenidas en el corte de silo (área rayada) muestran una buena respuesta al purín hasta los 60 m.³/ha., a partir de esta dosis el incremento de producción es relativamente pequeño.

En el segundo y tercer cortes (no se presentan los datos) los tratamientos purín producían más que los tratamientos cero-purín y nitrato (efecto residual del purín). Como consecuencia en la producción total los tratamientos purín aumentaban o reducían sus diferencias con el resto de los tratamientos. Sólo el tratamiento cero-purín (con gran cantidad de trébol) presentaba una buena producción en el segundo corte.

En la Figura 2 están representadas las respuestas a purín y nitrato durante los cuatro años. Como se puede observar la respuesta del nitrato está siempre por encima de la de purín. En 1983 y 1984 las curvas tienden a aproximarse como consecuencia del efecto residual del purín aplicado en los años anteriores.

En el momento de aplicar purín se observa, prácticamente todos los años, la formación de una «costra» so-

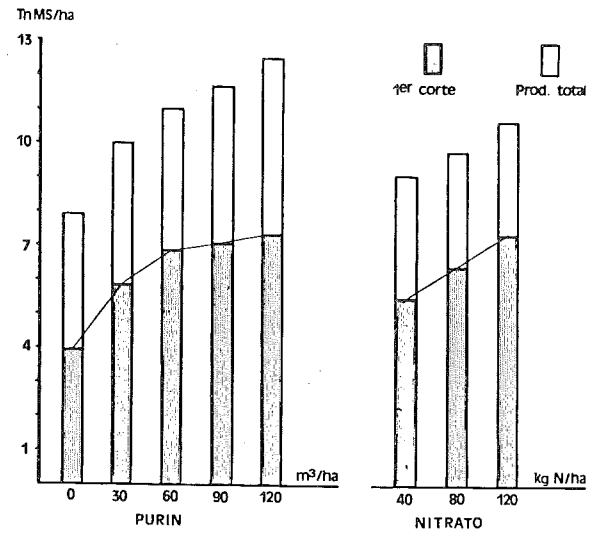


FIG. 1.—*Efecto del purín de vacuno y nitrato amónico cálcico en el primer corte y producción total del pasto (valores medios de cuatro años, 1981-84).*

bre la superficie del pasto; esta «costra», constituída básicamente por los restos fibrosos del purín, solía mantenerse durante 2-4 semanas dependiendo del volumen de purín y la dilución de éste. En cualquier caso la época de aplicación, finales de invierno, con frecuentes precipitaciones facilitaba la dispersión de esta «costra». Estas observaciones sugieren, en relación con la fecha de aplicación del purín, que con tiempo más seco (verano e incluso otoño) se deberán aplicar dosis reducidas y un mayor grado de dilución (1:1 a 1:2).

Eficiencia del nitrógeno contenido en el purín de vacuno

La eficiencia del nitrógeno-purín en relación al nitrógeno de un fertilizante estándar, en este caso el nitrato amónico cálcico (20,5 por 100 N), la medimos por una simple relación:

$$\text{Eficiencia N-purín} = \frac{\text{N-mineral}}{\text{N-purín}} \times 100 \quad \text{(Fig. 3)}$$

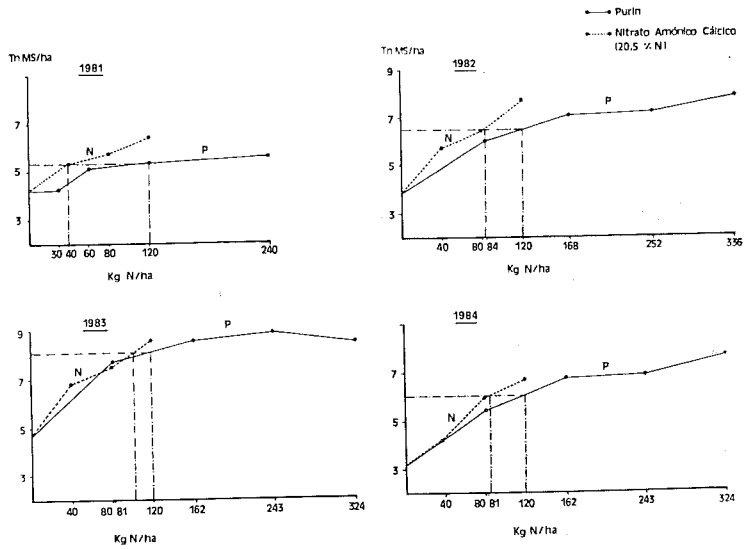


FIG. 2.—*Respuesta del pasto al purín y nitrato amónico cálcico en el primer corte (1981-82-83-84).*

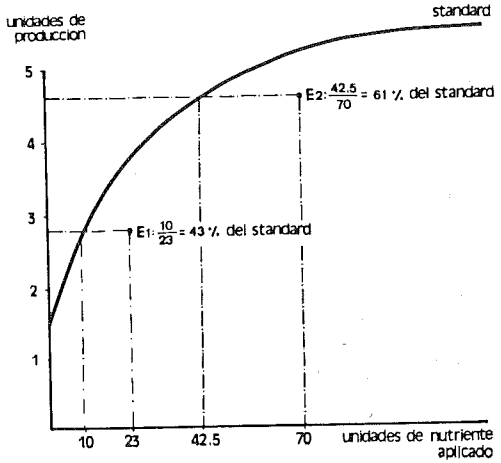


FIG. 3.—*Estimación de al eficiencia en términos de nutrientes equivalentes del estándar. (Unidades del fertilizante a probar que me producen lo mismo que R unidades del fertilizante estándar.)*

Las cifras de eficiencia del N-purín están calculadas para las producciones en el primer corte (Fig. 2). Con la dosis de 120 kg. N la eficiencia fue de 33, 68, 85 y 71 por 100, respectivamente, en 1981, 1982, 1983 y 1984. Con 200 kg. N-purín la eficiencia fue de 29, 53, 62 y 64 por 100 en los mismos años.

Vemos entonces que la eficiencia va mejorando año tras año de aplicar purín y, por otra parte, al aumentar la dosis aplicada la eficiencia disminuye o, lo que es lo mismo, cabe esperar una mejor eficiencia con dosis pequeñas que con las altas; todo esto viene a coincidir con los resultados de otras experiencias (3, 4).

También en la Figura 1 podemos observar que la producción en el primer corte con 60 m.^{3}/ha. (aproximadamente 6,9 t. MS/ha.) se corresponderá con la obtenida con 100 unidades de nitrógeno (nitrato), con lo cual podemos estimar una eficiencia media (4 años) de éstos 60 m.^{3} de un 62 por 100 (suponiendo un contenido medio de 2,7 kg. N por m.^{3} de purín).

Efecto del purín en la composición botánica del pasto

Bajo el régimen de siega que llevó el ensayo el componente florístico más importante que se estudió fue el trébol. En la Tabla 2 se indican los contenidos en trébol de los distintos tratamientos en el cuarto año del ensayo (1984).

TABLA 2

CONTENIDO EN TREBOL DEL PASTO EN EL 4.° AÑO (1984)

	% Trébol (media 3 cortes)
Purín	
0 m^3/ha.	19,5
30 m^3/ha.	15,5
60 m^3/ha.	10,0
90 m^3/ha.	9,2
120 m^3/ha.	9,0
Nitrato	
40 kgs. N/ha.	7,8
80 kgs. N/ha.	7,0
120 kgs. N/ha	6,5

La disminución en el contenido de trébol del pasto al aumentar la dosis de nitrógeno es más acusada en los tratamientos nitrato que en los purín. Esto se interpreta en el contexto de la interacción nitrógeno-potasio; es de sobra conocido el efecto positivo del potasio en el desarrollo y crecimiento de los tréboles (5,6) y siendo los purines de vacuno muy ricos en este elemento contrarrestan el efecto negativo del nitrógeno.

Efecto del purín en la composición mineral del pasto

La composición media de la hierba para el período 1981-1984 en el corte de silo se presenta en la Tabla 3.

Los resultados del análisis muestran que al aumentar la dosis de purín aumentan los contenidos de nitrógeno y potasio, y en el caso de este último alcanza niveles muy superiores a los tratamientos de nitrato (éstos recibían una fertilización basal de 100 kg. de K_2O por hectárea.

Los tratamientos 0 y 30 m.³/ha. tienen un alto contenido en nitrógeno como corresponde a un pasto con alto contenido en trébol (ver Tabla 2).

TABLA 3
COMPOSICION MEDIA DE LA HIERBA (1981-84) EN EL CORTE DE SILO

	% sobre mat. seca			
	N	*P*	*K*	*Mg.*
Purín				
0 m³/ha.	1,85	0,29	2,45	0,14
30 m³/ha.	1,83	0,29	3,07	0,13
60 m³/ha.	1,69	0,31	3,21	0,12
90 m³/ha.	1,85	0,33	3,55	0,13
120 m³/ha.	2,03	0,34	3,93	0,13
Nitrato				
40 kgs. N/ha.	1,73	0,27	2,23	0,13
80 kgs. N/ha.	1,74	0,27	2,50	0,12
120 kgs. N/ha.	1,97	0,28	2,20	0,13

Efecto del purín en el suelo

Se hicieron análisis de suelo de todos los tratamientos a final del cuarto año. Los análisis indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos con relación al Ph (en agua). Por otra parte, las parcelas que recibieron purín tenían niveles más altos de potasio extraíble (nitrato amónico), lo cual es un reflejo de los niveles de potasio aplicado.

Conclusiones

a) Una dosis de 60 m.³/ha. de purín de vacuno (5-7 por 100 mat. seca) aplicado en pradera a final de invierno para la producción de un corte de silo se puede considerar óptima, desde el punto de vista de la producción.

b) Esta dosis cubre una buena parte de las necesidades en fósforo del pasto, pero aporta un exceso de potasio. Esto nos obliga a ser cautos en nuevas aplicaciones de purín si queremos hacer una óptima utilización de sus nutrientes. Por otra parte, la hipomagnesemia es un riesgo si aplicamos cantidades excesivas de purín.

c) La respuesta del pasto al purín, a pesar de estar por debajo de la obtenida con el fertilizante mineral, a igualdad de unidades de nitrógeno, mantiene un buen grado de eficiencia (relación N-mineral/N-purín) que se va mejorando con sucesivas aplicaciones. En nuestro ensayo la eficiencia media (4 años) del N-purín (corte de silo) se estimó en un 62 por 100.

d) Había más trébol en las parcelas regadas con purín que en aquellas fertilizadas con abono mineral; esto se atribuye a los altos contenidos en potasio del purín de vacuno.

e) Como era de esperar, el purín de vacuno incrementó de forma notable los contenidos en nitrógeno y potasio de la hierba (con relación a la fertilización mineral), y de potasio en el suelo.

Bibliografía

(1) LEIROS, M. C., *et al.* (1983). «Caracterización y valor fertilizante de los purines de vacuno en Galicia». *An. Edaf. y Agrob.*, 42: 753-768.

(2) TUNNEY, H., y MOLLOY, S. (1975a). «Variations between farms in N, P, K, Mg and dry matter composition of cattle, pig and poultry manure». *Ir. Jour. Agric. Res.*, 14: 71-79.

(3) SCHECHTNER, G., *et al.* (1980). «Positive and negative effects/of cattle manure on grassland with special reference to high rates of application». Proc. Int. Symp Grassland Fed. on *The role of nitrogen in intensive grassland production.* Wageningen.

(4) LECOMTE, R. (1979). «The influence of agronomic application of slurry on the yield and composition of arable crops and grassland and on changes in soil properties». Proc. Seminar EEC. *Effluents from Intensive Livestock.* Bad Zwischenahn.

(5) CHESTNUTT, P. M. B., y LOWE, J. (1969). «Agronomy of white clover grass swards». *Review Proc. Symp.* on «white clover research» held at the Queen's University of Belfast.

(6) BLASER, R. E., *et al.* (1968). «Potassium nutrition of forage cropswith perennials». Proc. Symp. on *The role of potasium in agriculture.* Publicado por American Soc. of Agronomy.

Crecimiento en primavera de praderas naturales en Galicia

E. González Arráez

Investigaciones Agrarias
La Coruña

RESUMEN

Se determinó la curva media de crecimiento, para el período 1972-73 y 1974, en tres praderas naturales situadas en Guísamo, a 100 metros de altura; Puebla de Brollón, a 400, y Teixeiro, a 550.

En ausencia de nitrógeno, se alcanzó una producción de 1.500 kilogramos/ha. de materia seca el 4 de abril en Guísamo, el 8 de abril en Puebla y el 14 de mayo en Teixeiro.

La aplicación de nitrógeno en el año 1974 en Guísamo dio respuestas por encima de 10 kg. de MS por kg. de N desde principios de febrero en adelante. Sin embargo, en Teixeiro no se obtuvieron estas respuestas hasta finales de marzo, en el experimento realizado en 1975.

El crecimiento máximo diario, para el período de tres años, se situó a mediados de mayo en Guísamo, a finales de mayo en Puebla y a principios de junio en Teixeiro.

Palabras clave: NITROGENO.

SUMMARY

Logistic growth curves were fitted to spring growth data of permanent pastures, sited at Guísamo (100 m. a.s.l.), Puebla de Brollón (400 m.) and Teixeiro (550 m.).

In the absence of fertilizer nitrogen, a dry matter yield of

1.500 kg./ha. was reached on the 4/4 at Guísamo, 8/4 at Puebla de Brollón and 14/5 at Teixeiro.

The increases in yields due to the nitrogen applied in 1974, at Guísamo, were over 10 kg. DM/kg. N since the early aplications at the end of January. In 1975, at Teixeiro, such level of response was not reached until de end of March.

Maximum daily growth rate was reached by the middle of May at Guísamo, the end of May at Puebla and the beginning of June at Teixeiro.

Introducción

La pradera natural ocupa en Galicia una superficie aproximada de 230.000 hectáreas, representando el 6,8 por 100 de la superficie total (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1983).

Dada la escasa información sobre el crecimiento de la pradera natural se diseñaron una serie de experimentos en la década de los años setenta, dentro de las actividades del Centro Regional de Investigación y Desarrollo Agrario de Galicia, orientados a cuantificar la curva de crecimiento en primavera en distintas localidades de Galicia y de la Cornisa Cantábrica.

Durante los primeros años sólo se obtuvieron datos de crecimiento en ausencia de nitrógeno, optándose en 1974 por obtener también datos de crecimiento en presencia de nitrógeno en algunas localidades, con objeto de disponer de información local sobre la influencia de la fecha de aplicación en la respuesta al nitrógeno. Hasta entonces, se contaba solamente con las investigaciones realizadas en otros países sobre la fecha más adecuada para aportar el primer nitrógeno del año, que varios autores relacionaron con las temperaturas medias acumuladas desde el primero de enero. Así, DEVINE y HOLMES (1965), en experimentos realizados en Inglaterra, encontraron que la producción de materia seca por unidad de nitrógeno era superior en las aplicaciones de principio de primavera, que en las de finales de invierno. A conclusiones similares llegó VAN BURG (1968) puntualizando, además, que el nitrógeno debe aplicarse antes en las parcelas de pastoreo que en aquellas en que se va a hacer silo o heno. JAGTENBERG (1966) señala que la primera fertilización nitrogenada

no debería ser aplicada hasta que la temperatura media diaria, acumulada desde el primero de enero, no alcance los 250° C, en praderas de pastoreo, y los 350 en las de siega. WOLDRING (1975) indica intervalos de 180-280 y 180-340 para pastoreo y siega, respectivamente.

Los datos obtenidos en la Cornisa Cantábrica se analizan en otra publicación (CENTRO DE EXPERIMENTACION AGRARIA DE GRADO, 1986).

Material y métodos

Los tratamientos en estudio fueron once fechas de corte, realizadas a intervalos de quince días desde principios de marzo hasta finales de julio.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con cinco repeticiones y parcela elemental de $5 \times 2 = 10$ m.^{2}

En 1971 se iniciaron los ensayos en La Coruña, en las localidades de Guísamo (100 m. sobre el nivel del mar), Oza de los Ríos (180 m.) y Mellid (457 m.), ampliándose en 1972 a las localidades de Teixeiro (550 m.) y Puebla de Brollón (400 m.), esta última en Lugo.

Las praderas objeto del ensayo estaban constituidas mayoritariamente por especies pertenecientes a la familia de las gramíneas, destacando *Festuca rubra, Holcus lanatus, Agrostis* sp, *Anthoxanthum odoratum* y *Dactylis glomerata.* Entre las leguminosas, *Trifolium repens* y *T. pratense.* También estaban presentes otras especies, como *Rumex acetosa, Plantago lanceolata* y *Taraxacum officinale.*

Los ensayos se realizaron en condiciones de secano, es decir, sin aporte deliberado de agua, aunque en la mayoría de los casos eran praderas húmedas.

Anualmente se aportaron fósforo y potasio (120 kg./ha. de P_2O_5 y K_2O) en forma de superfosfato y cloruro potásico. En el cuarto año de los ensayos de Puebla de Brollón y Teixeiro se aportó nitrógeno en tres repeticiones, a razón de 50 kg./ha. en forma de nitramón del 20,5 por 100. Dicho fertilizante se aplicaba seis semanas antes de la realización del corte en cada uno de los tratamientos.

Los controles se hicieron con guadaña, cortando una franja de $4,5 \times 1,5 = 6,75$ m.^{2} del interior de la parcela. Previamente se cortaban sin control dos franjas de $2 \times 0,25 = 0,5$ m.^{2} en cada uno de los extremos de la parcela para evitar el efecto de borde.

Tras la pesada del forraje verde en el campo se muestreó una cantidad para la determinación de la materia seca en estufa de desecación a 80° C durante dieciséis horas.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se presenta la producción media del período 1972, 1973 y 1974 para Guísamo, Puebla de Brollón y Teixeiro, obtenida en las distintas fechas de primer corte de primavera, en ausencia de fertilización nitrogenada. Se observa en ella un considerable retraso de Teixeiro frente a Guísamo (40 días) en la obtención de una producción de 1.500 kg. de materia seca por hectárea, lo que está en consonancia con lo encontrado en las praderas naturales situadas a distintas altitudes en Asturias. Un retraso similar se detectó en el momento en que la velocidad de crecimiento fue de 20 kg./ha./día de materia seca. La diferencia entre las fechas en que la producción alcanzó los 1.500 kg./ha. en Guisamo y Puebla fue, sin embargo, de tan sólo 4 días, cuando hay una diferencia de 300 m. entre sus altitudes. No hemos encontrado una explicación clara a este fenómeno. El hecho de que el experimento de Puebla estaba situado en zona abrigada puede haber supuesto una dulcificación del clima, que se ha podido reflejar en el acercamiento de los crecimientos a los de Guísamo. La ausencia de fertilización nitrogenada limita también, de algún modo, las diferencias atribuibles al clima, al actuar el nitrógeno como factor limitante de la producción. Puebla tiene, por otro lado, un clima con mayor influencia mediterránea, lo que hace que la altitud no sea el único factor a tener en cuenta cuando se compara con Guísamo o Teixeiro, con mayor influencia atlántica. Las temperaturas registradas en enero, febrero y marzo fueron claramente más altas en Guísamo que en Puebla (Tabla 1).

TABLA 1
TEMPERATURAS Y PLUVIOMETRIA

	Temperatura media (°C)						*Pluviometría (mm)*					
	Guísamo			*P. Brollón*			*P. Brollón*			*Guísamo*		
	72	*73*	*74*	*72*	*73*	*74*	*72*	*73*	*74*	*72*	*73*	*74*
Enero	6,8	9,8	11,7	3,3	4,9	7,1	154	132	173	148	125	218
Febrero	7,2	9,7	10,6	6,7	5,5	5,5	217	85	—	171	123	132
Marzo	8,7	12,1	12,0	7,6	7,9	7,1	118	53	31	117	76	61
Abril	10,0	12,8	12,8	9,7	10,1	9,3	59	51	56	66	43	26
Mayo	10,7	15,1	14,4	11,7	13,7	12,8	103	131	128	107	116	78
Junio	12,6	18,2	17,7	15,2	17,2	16,3	95	24	100	45	50	59
Julio	18,1	18,7	19,0	20,9	18,6	19,0	17	45	1	3	28	9

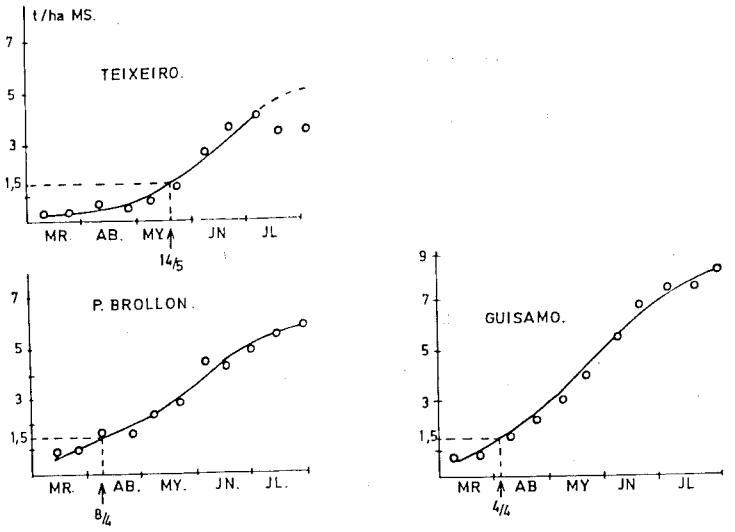


FIG. 1.—*Producción media de los años 72-73-74 sin nitrógeno (—o—).*

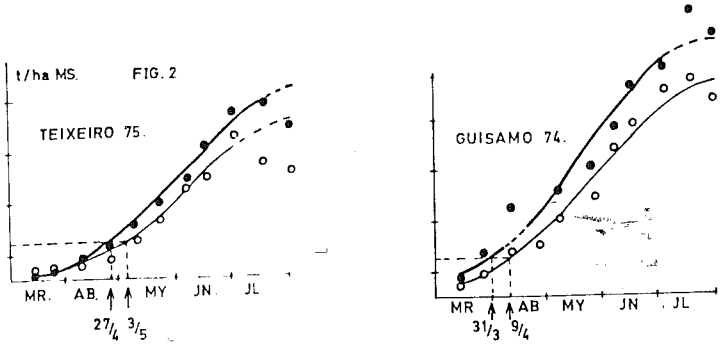


FIG 2.—*Producción de un año con 50 (—•—) y cero kg./ha. (—o—) de nitrógeno*

Siguiendo los criterios expuestos en el trabajo citado del Centro de Experimentación Agraria de Grado se han ajustado las curvas sigmoides siguientes, cuya representación gráfica está en las Figuras 1 y 2:

Medias de los años 1972, 1973 y 1974 (sin nitrógeno):

$$P\,(\text{Guísamo}) = \frac{8{,}2}{1+e^{2{,}861-0{,}037T}} \quad (R^2 = 99,\ p < 0{,}001)$$

$$P\,(\text{Puebla}) = \frac{7{,}0}{1+e^{2{,}474-0{,}028T}} \quad (R^2 = 97,\ p < 0{,}001)$$

$$P\,(\text{Teixeiro}) = \frac{5{,}3}{1+e^{4{,}113-0{,}042T}} \quad (R^2 = 97,\ p < 0{,}001)$$

Producciones del año 1974, en Guísamo (con y sin nitrógeno):

$$P\,(\text{con N}) = \frac{10{,}8}{1+e^{2{,}952-0{,}036T}} \quad (R^2 = 99,\ p < 0{,}001)$$

$$P\,(\text{sin N}) = \frac{9{,}2}{1+e^{3{,}076-0{,}036T}} \quad (R^2 = 95,\ p < 0{,}001)$$

Producciones del año 1975, en Teixeiro (con y sin nitrógeno):

$$P\,(\text{con N}) = \frac{8{,}2}{1+e^{3{,}838-0{,}040T}} \quad (R^2 = 99,\ p < 0{,}001)$$

$$P\,(\text{sin N}) = \frac{7{,}0}{1+e^{3{,}853-0{,}040T}} \quad (R^2 = 98,\ p < 0{,}001)$$

P = Producción en t./ha. de materia seca.
R^2 = Porcentaje de la variación explicada por la recta ajustada.
p = Nivel de significación.

Aunque los niveles de nitrógeno (0 y 50 kg./ha. de N en primavera) sólo se compararon en 1974, en Guísamo, y en 1975, en Teixeiro, no siendo, por tanto, muy comparables los datos entre localidades, es interesante resaltar el hecho de que en Guísamo, localidad a baja altitud y relativamente cercana a la costa, haya habido una respuesta al nitrógeno por encima de los 10 kg. de MS/kg. de N en los aportes de finales de enero, igual que ocurrió en Grado. Es también una interesante coincidencia el que las respuestas no hayan superado los

10 kg. de MS/kg. de N hasta finales de marzo, en Teixeiro, fecha intermedia entre las correspondientes de Hevia y Amieva, como intermedia es también su altitud (Fig. 3).

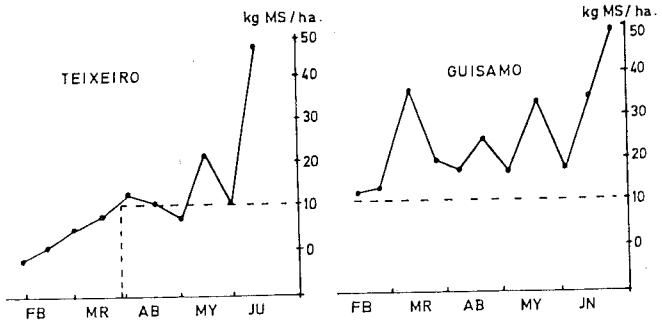


FIG. 3.—*Respuesta al nitrógeno*

Las respuestas al nitrógeno fueron mayores hacia el final del período. En Teixeiro se trata, de hecho, de una menor disminución de la producción en el último tramo de la curva con nitrógeno que en la de sin nitrógeno. Ello puede deberse a una mayor vigorización de la hierba joven que sale entre la vieja hacia el final del ciclo. En Guísamo puede atribuirse esta respuesta tardía a un alto grado de humedad edáfica en la transición de la primavera al verano, por ser zona bastante húmeda. En todo caso, no es agronómicamente recomendable hacer aportes de nitrógeno tan tardíos, por conducir a la obtención de una hierba de baja calidad, que contiene un alto porcentaje de hierba demasiado vieja.

Los crecimientos máximos diarios se consiguieron: el 10/5 en Guísamo, el 26/5 en Puebla de Brollón y el 7/6 en Teixeiro (Fig. 4).

Agradecimiento

A don Ricardo Turnes, por su colaboración, en la obtención de los datos de campo, y a don Juan Piñeiro, por su ayuda en el proceso de datos.

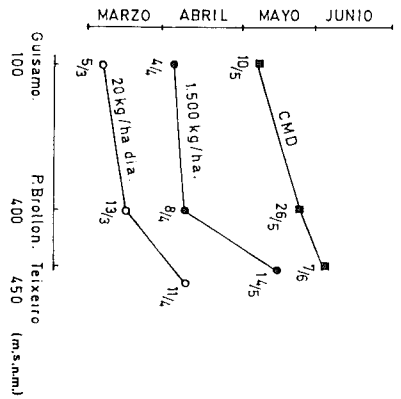


FIG. 4.—*Fechas en que se alcanzan: 1) Un crecimiento de 20 kg./ha. día de MS (—o—). 2) Una producción de 1.500 kg./ha. de MS (—•—), y 3) El crecimiento máximo diario (CMD) (—■—). Media de los años 72-73-74.*

Bibliografía

CENTRO DE EXPERIMENTACION AGRARIA DE GRADO (1986). *Efecto de la altitud sobre el crecimiento y la respuesta al nitrógeno en primavera de las praderas naturales.* Comunicación presentada a la XXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Oviedo, junio de 1986.

DEVINE, J. R., y HOLMES, M. R. J. (1965). «Field experiments comparing winter and spring applications of ammonium sulphate, ammonium nitrate, calcium nitrate and urea to grassland». *J. Agric. Sci. Camb.*, 4: 101-107.

JAGTENBERG, W. D. (1966). «Can the best date for applyin nitrogen to grassland be forecast? Referencia núm. 1.064», en *Herbage Abstracts*, vol. 37, núm. 3, p. 170, 1967.

MINISTERIO DE AGRICULTURA (1983). *Anuario de Estadística Agraria.*

VAN BURG, P. F. J. (1968). «Nitrogen fertilizing of grassland in spring». *Neth. Nitrogen Tech. Bull.*, 6, p. 45.

WOLDRING, J. J. (1975). «Nitrogen fertilization of grassland in spring». Referencia núm. 771, en *Herbage Abstracts*, vol. 48, núm. 3, 1978.

El trébol blanco y el fertilizante nitrogenado como fuentes de nitrógeno para la pradera

A. González Rodríguez

Investigación Agraria. Xunta de Galicia

RESUMEN

Se comparan las respuestas de dos tipos de pradera: gramínea (raigrás inglés y dactilo) y mixta (las mismas gramíneas con trébol blanco) a tres dosis de N: 0,90 y 180 kg./ha. anuales. El experimento se lleva a cabo en tres localidades: Puebla, interior de Galicia y con regadío en verano; Ventosa y Pelamios, ambas en zona costera de secano.

La pradera mixta superó siempre en producción a la de gramínea para todas las dosis de N y lugares ensayados. Sin aplicar N a la pradera mixta, se alcanzaron 12,5 t. MS/ha. (42 por 100 de trébol), 7,7 t./ha. (21 por 100 de trébol) y 9 t./ha. (27 por 100 de trébol), respectivamente, mientras que la de gramínea fue de 8,4, 6,9 y 6,3 toneladas/ha.

La aplicación de N a la pradera mixta provoca un descenso del contenido de trébol de — 16, — 7 y — 9 kg. por kg. de N aplicado. Esto hace que la respuesta al N en materia seca sea baja: 5,9 y 14 kg. MS por kg. de N, mientras que en la pradera de gramínea es de 13, 14 y 26 kg. MS por kg. de N en los tres lugares.

El valor del trébol, en equivalente de fertilizante donde no se aplicó N, fue de 310 kg de N/ha. en Puebla, 70 kg./ha. en Ventosa y 110 kg./ha. en Pelamios.

Palabra clave: NITROGENO, FERTILIZANTE NITROGENADO, TREBOL BLANCO, VALOR DEL TREBOL, PRADERA MIXTA, DISTRIBUCION ESTACIONAL.

SUMMARY

Two types of swards, grass (perennial raygrass and coocksfoot) and mixed (the same grasses plus white clover), were compared at three N rates: 0, 90 and 180 kg./ha. The same experiment was located at three different places: Puebla, with summer irrigation; Ventosa and Pelamios, both in a dry summer coastal area.

Yields of the mixed sward were always higher than the pure grass sward. The N rate required for the grass sward to produce the same yield than the mixed sward was 310, 70 and 110 kg./ha., respectively, for the three sites.

Clover was reduced at the three locations by 16, 7 and 9 kg. MS/kg. N. was lower than in the grass sward: 13, 14 and 26 kg. MS/ per kg. N applied; the response to N in the mixed: 5, 9 and 14 kg. N. Clover was suppresed by N aplication at 500, 200 and 240 kg./ha.

Introducción

Muchos experimentos han demostrado, sin lugar a dudas, el valor del trébol como fuente de N para la pradera, reemplazando todo o parte del fertilizante nitrogenado necesario en la obtención de altas producciones. La evaluación del trébol en la pradera mixta se hace básicamente de dos formas: *a)* calculando el *N* total de la materia seca del forraje o cualquier otro índice de fijación de N que dan cifras relativamente elevadas del valor del trébol (500 kg./ha., SEARTS *et al.*, 1965; 300-400 kg./ha., WHITEHEAD, 1970; DAVIES, 1973), y *b)* comparando praderas de trébol con praderas de gramínea en las mismas condiciones.

Esta segunda valoración del trébol se expresa en «fertilizante equivalente», que es la cantidad de fertilizante nitrogenado que necesita una pradera de gramínea para igualar la producción de una con trébol. Este valor decrece si el aporte de N a la pradera aumenta, ya sea por aplicación de fertilizante nitrogenado o si comparamos suelos con nivel de N creciente, debido al descenso de la cantidad de trébol.

La cifra cercana a 200 kg. N/ha. que se da en Inglaterra como valor del trébol supone un contenido de trébol anual del 30 por 100 en la pradera (WALKER, *et al.*, 1954), aunque no se debe hablar de contenidos

medios, ni ideales, dada la gran variación del contenido de trébol a lo largo del año. Si en vez de comparar las producciones de materia seca se compara la producción de proteína bruta, se obtienen cifras mayores. Por una y otra comparación se obtienen 165 y 265 kg. N/ha. (BROCKMAN y WOLTON, 1963), y en otro ejemplo, 265 y 322 kg. N/ha. (REID, 1983).

Una de las grandes ventajas de la pradera que contiene trébol es su mayor capacidad de crecimiento en una época crítica como es el verano, siempre que sea húmedo. Esto la hace tener una estacionalidad menor que una pradera de gramínea, por lo que se adapta mejor a cualquier sistema de producción animal basado en el pasto (GREENWOOD y SHEATH, 1981). Es, pues, interesante seguir la dinámica del trébol y su contribución a la producción en cada época del año.

En este trabajo se determina el valor agronómico del trébol expresado en equivalente de fertilizante, y la distribución anual de la producción de la pradera mixta comparada con la de gramínea en distintos lugares de Galicia (Puebla y Mabegondo). La sequía, que tiene lugar en verano en la mayor parte de la región, hace mermar el potencial de crecimiento del trébol en esta época. En Puebla se regó en verano.

El mismo ensayo ha sido realizado también en una zona fría del interior de Galicia (Marco), tras una transformación de monte, cuyos resultados han sido presentados en un trabajo previo (GONZALEZ, A., 1986).

Material y métodos

Emplazamiento de los ensayos y tipos de pradera
Puebla de Brollón (Lugo)

El ensayo está ubicado en el sur de la provincia de Lugo, a 400 m. de altitud, clima de interior con inviernos fríos y lluviosos y veranos calurosos y muy secos. Se regó en los veranos de 1980 y 1981 y no se hizo los dos años siguientes por llover excepcionalmente en esta época.

El suelo es un entisol, franco-limoso, tradicionalmente bajo cultivo, con un *p*H:6, un contenido de materia

orgánica (MO) del 3,2 por 100, 46 p.p.m. de P, 146 p.p.m. de K.

El ensayo se estableció en una pradera de tres años con una buena proporción de los componentes sembrados: raigrás inglés, dactilo y trébol blanco (F-4).

Ventosa (Mabegondo-La Coruña)

En la sede del Centro, situado en zona costera atlántica, a 100 m. de altitud, con inviernos fríos y lluviosos y veranos suaves y relativamente secos (el ensayo no se regó).

El suelo es un inceptisol con textura franco-limosa y *p*H: 5,56, un contenido de MO del 3,1 por 100, 45 p.p.m. de P y 294 p.p.m. de K. El terreno original se encontraba a monte hasta 1973. El ensayo se estableció en 1979 sobre una pradera F-4 de más de cinco años, con baja proporción de trébol. En 1980 y 1981 se controló otra pradera similar en un área adyacente, con poca proporción de trébol y con alta cantidad de holco espontáneo.

Pelamios (Mabegondo-La Coruña)

Ensayo situado en la sede del Centro, como el anterior, con el mismo tipo de suelo. Se realizó sobre una buena pradera de raigrás inglés y trébol blanco, que se sembró en otoño de 1980 sin dactilo, y se pastó durante 1981 sin recibir fertilizante nitrogenado para lograr un buen establecimiento del trébol. Los tratamientos se aplicaron los años 1982, 1983 y 1984.

Tratamientos

Dos tipos de pradera, mixta y gramínea, cada una de las cuales fue fertilizada con tres dosis de N: 0,90 y 180 kg./ha.

Diseño

Los seis tratamientos se distribuyen en bloques al azar, con cuatro repeticiones en Puebla (parcela 8×4 m.) y seis repeticiones en los dos lugares de Mabegondo

TABLA 1

FECHAS DE CORTES Y APLICACION DE NITROGENO

Lugar y año	*Fecha Primer nitrógeno*	*Fecha cortes*					*N.° cortes*
		Primavera			*Verano*	*Otoño*	
		1.°	*2.°*	*3.°*			
Puebla							
1980	21-2	15-4	22-5	25-6	19-8	4-11	6
1981	5-3	14-4	2-6	14-7	19-9	5-11	5
1982	29-3	3-5	15-6	29-7	1-9	21-11	5
1983	18-3	12-4	27-5	27-7	8-9	12-12	5
					27-9		
Ventosa							
1979	21-2	20-4	30-5	29-6		8-11	4
1980	3-3	17-4	19-5	27-6		7-11	4
1981	5-3	15-4	12-6		11-9	4-11	4
Pelamios							
1982	25-2	29-4	3-6	21-7		11-11	4
1983	22-2	23-3	28-4	22-6	21-9	5-12	5
1984	29-2		2-5	25-6		30-11	3

(parcela 2×5 m). Sobre la pradera mixta original se elimina el trébol con 2-4-D en las parcelas que serán pradera de gramínea.

Fechas de corte y de aplicación de nitrógeno

El total anual de N de los tratamientos se dividió en tres partes iguales. La primera aplicación se realizó al comienzo de la estación de crecimiento, y la segunda tras el primer corte. Ya no se aplicó más N en primavera ni en verano para no afectar al trébol en su época de mayor crecimiento potencial. La tercera aplicación se realizó en otoño tras el corte de septiembre y, en los casos en los que no hubo posibilidad de llevar a cabo este corte, se aplicó a comienzo de este mes. En la Tabla 1 se explicitan fechas y números de cortes.

Fertilización de mantenimiento

Cada invierno se aplicaron en todos los ensayos:

— 150 kg./ha. P_2O_5 en forma de superfosfato (18 por 100).
— 100 kg./ha. K_2O en forma de cloruro potásico (60 por 100).

Controles de producción

Al alcanzar la hierba la altura de 15-20 cm. (tipo pastoreo) se corta una franja longitudinal con motosegadora de peine de 1,2 m., tras la eliminación de los bordes transversales en 0,60 m.

Determinación de días de crecimientos

Considerando las posibilidades de corte que hubo en cada época de los distintos años y en los distintos lugares de ensayo se realizó un cómputo de días de crecimiento, que se recogen en la Tabla 2. Los datos expresan la media de los años indicados.

TABLA 2
DIAS DE CRECIMIENTO Y NUMERO DE CORTES

Lugar y años	*Días de crecimiento*					*Sin crecimiento*	
	Primavera	*Verano*	*Otoño*	*TOTAL*	*Verano*	*Invierno*
Puebla (1980-83)	102 (3)	60 (1)	65 (1)	263 (5)	—	102
Ventosa (1980-81)	117 (3)	—	52 (1)	169 (4)	81	115
Pelamios (1981-84)	125 (3)	30	79 (1)	234 (4)	36	95

Resultados

Producción de materia seca total y trébol

En la Figura 1 se expresa la producción de materia seca total de la pradera de gramínea (G), de la mixta (M), y su contenido de trébol (T), para cada una de las tres dosis de N, en los tres lugares ensayados.

Puebla

La figura muestra la media de tres años, en los que la pradera mixta alcanza las 12,5 t./ha. de MS con un 42 por 100 de trébol, sin aplicar N. Al incrementar la dosis de este elemento, desciende el contenido de trébol en 16 kg. por kg./N aplicado. Esto hace que la respuesta al N de esta pradera sea escasa (5 kg. MS/kg. N). La producción de materia seca y trébol en cada año se expresa gráficamente en el Anexo 1. La producción de la pradera de gramínea fue siempre menor que la de la

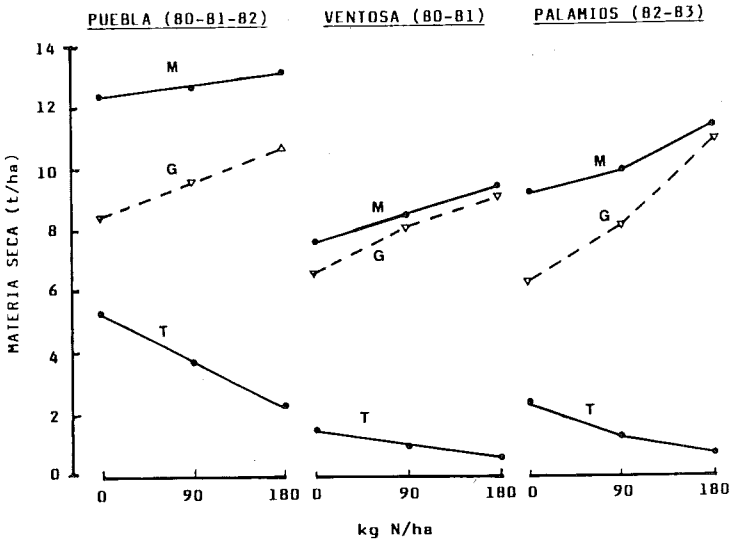


FIG. 1.—*Producción de materia seca y contenido de trébol (T) en una pradera mixta (M) y una de gramínea (G) en 3 lugares.*

mixta, aún para la dosis más alta de N ensayada. La contribución del trébol a la producción fue importante, dadas las buenas condiciones de crecimiento que hubo en verano gracias al riego.

En estas circunstancias de alta producción y escasa respuesta al N se desaconseja la aplicación de este fertilizante. La pradera de gramínea sin aplicar fertilizante nitrogenado, produce a expensas del N aportado por el suelo. Esta producción se considera un índice de fertilidad nitrogenada del suelo. En los tres años del ensayo ha descendido progresivamente: 10,9 y 6 t./ha. de materia seca anual.

La respuesta al N de esta pradera es mayor que la de la pradera mixta. En el mismo período esta respuesta fue incrementando conforme descendía el N del suelo y se cifró en 10, 13 y 22 kg. de materia seca por kg. N aplicado.

Se controló la producción de cinco cortes en un cuarto año (1983) aplicando 30 kg. N/ha. a todos los tratamientos. El efecto residual del N aplicado en años anteriores se manifestó por un descenso del contenido de trébol que no afectó a la materia seca total, como sí lo hizo en otros ensayos anteriores en monte (A. GONZALEZ *et al.*, 1985).

Ventosa

En este lugar la pradera mixta también superó la producción de la pradera de gramínea dentro del margen de N ensayado. Sin aplicar N se obtenían 7,7 t./ha. de MS con un 21 por 100 de trébol en la pradera mixta (media de dos años: 1980-1981). La pradera de gramínea sin aplicar N dio las 6,6 t./ha. de MS, lo que indica un buen aporte de N del suelo. La respuesta al N aplicado fue de 9 y 14 kg. MS por kg. N para la pradera mixta y gramínea, respectivamente. El descenso de trébol en la mixta sólo fue de 7 kg. por kg. de N.

En el Anexo 1 se recogen gráficamente los resultados individualizados por años. En 1979 el área del ensayo era adyacente y distinta a la de los años 1980 y 1981. En 1980 la respuesta al N de la pradera mixta y de gramínea fue de 16 y 23 kg. MS/kg. N, respectivamente. Al repetir los tratamientos en 1981 esta respuesta fue

de 6 y 9 kg. MS/kg. N. Este comportamiento similar de ambas praderas en este año es debido al descenso de trébol en la mixta y al elevado aporte de N del suelo, que se deduce al cuantificar la alta producción de la pradera de gramínea sin N, 7,2 t. MS/ha.

Pelamios

También en este lugar la pradera mixta produjo más que la de gramínea en todo el rango de N aplicado. La primera produjo 9 t./ha. MS con un 27 por 100 de trébol sin recibir nitrógeno, mientras la segunda sólo alcanzó las 6 t./ha. (media de 1982 y 1983). La respuesta al N de ambas praderas fue de 14 y 26 kg. MS/kg. N, respectivamente. El descenso de trébol provocado al aplicar N se cifró en 9 kg./kg. N.

Los resultados de cada año se expresan gráficamente en el Anexo 1. En el tercer año de ensayo (1984) no se aplicó la dosis de otoño, quedando reducidos los tratamientos a 0,60 y 120 kg. N/ha. Sin N, la pradera mixta produjo 5,7 t./ha. MS y la de gramínea 3,6 t./ha. El verano seco y largo de este año redujo el nivel de trébol respecto a años anteriores, con lo cual la respuesta al N fue elevada, 32 y 44 kg. MS/kg. N en las praderas mixta y de gramínea, respectivamente.

Distribución de la producción a lo largo del año

En la Figura 2 se representa la evolución durante tres años de la producción de materia seca total anual en Puebla de la pradera mixta (línea continua), y de la de gramínea (línea a trazos), ambas a dos dosis de N: 0 y 90 kg./ha.

En el Anexo 2 se expresa gráficamente lo mismo en dos años de los otros dos lugares ensayados: Ventosa y Pelamios.

Es de notar en el regadío de Puebla que la producción de la pradera mixta al final de primavera y en verano es mayor que la de gramínea para cualquier dosis de N. Esto se debe a la elevada contribución del trébol a la producción total de la pradera mixta favorecido por el poco o nulo aporte de N. El llegar a final de primavera con un alto contenido de trébol en pradera es de gran

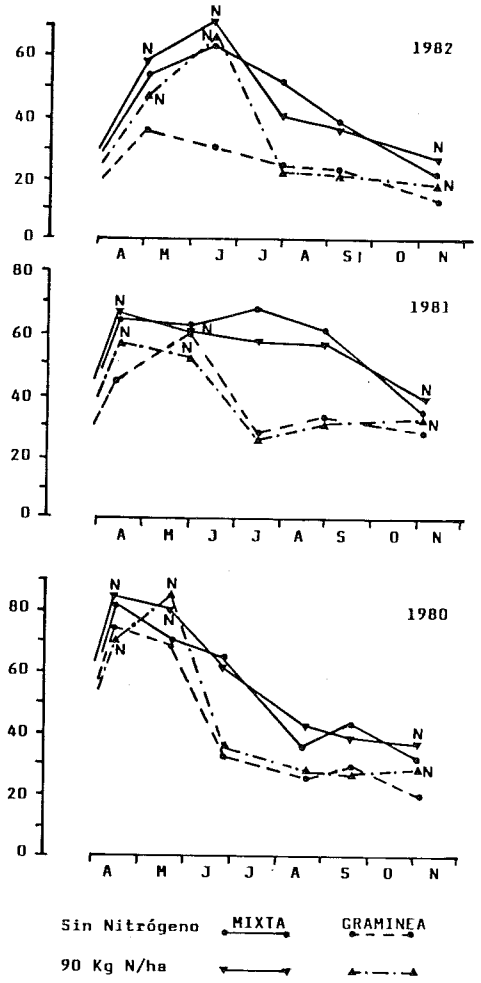
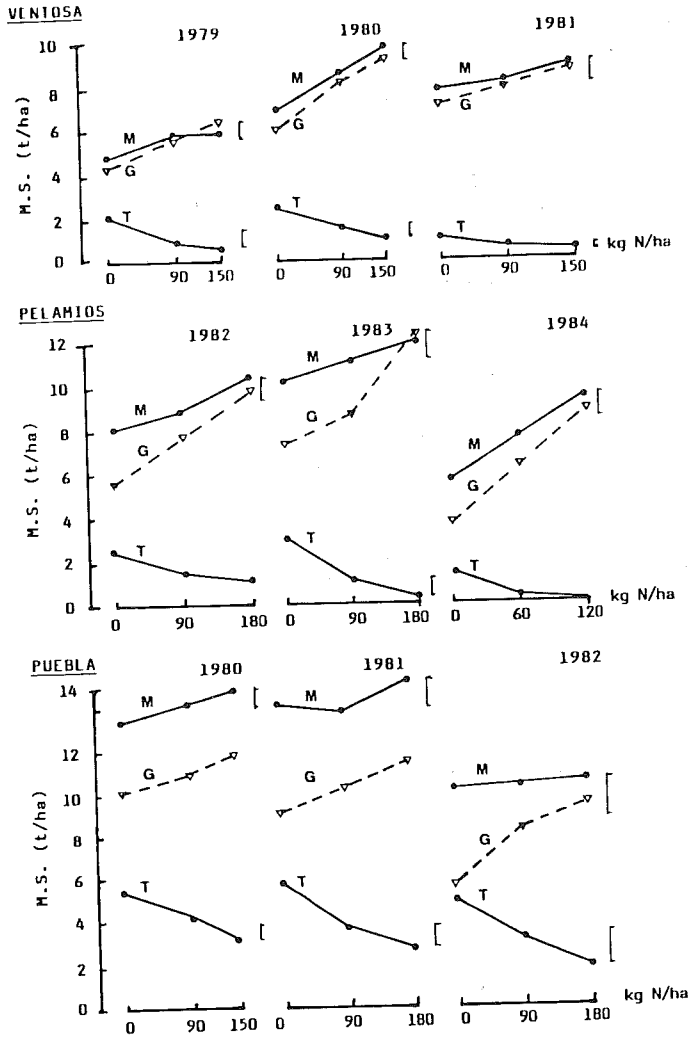


FIG. 2.—*Distribución anual de la producción de 3 años en Puebla (N=30 kg./ha. de N)*



ANEXO 1.—*Efecto del fertilizante nitrogenado sobre la producción de materia seca y contenido de trébol (T) de una pradera mixta (M) y una de gramínea (G).*

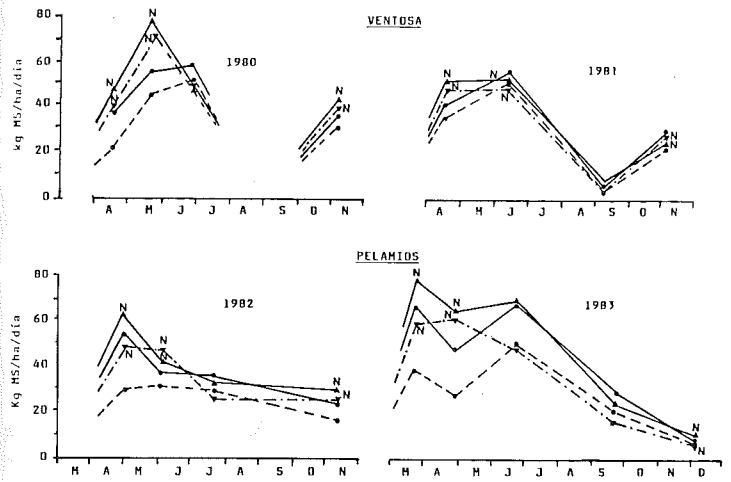
interés en los sistemas de producción animal por el forraje de calidad que se aporta en esta época crítica (THOMSON, 1984; BROCKMAN, 1981).

La aplicación de N incrementa la estacionalidad en ambas praderas, sobre todo en primavera, donde la respuesta al N es mayor que en otoño. En las gráficas no consta el tratamiento de 180 kg. N/ha., pero los datos destacan aún más la estacionalidad señalada. Esta es siempre superior en la pradera de gramínea que en la mixta.

Conclusiones

1. La producción de la pradera mixta superó la de gramínea tras la aplicación de tres dosis distintas de N, en las tres localidades estudiadas. La materia seca total producida en la pradera mixta sin aplicar N, fue de 12,5 t./ha. en Puebla (regadío), 7,7 en Ventosa y 9,0 en Pelamios. Las producciones en la de gramínea fueron 8,4, 6,9 y 6,3 t./ha., respectivamente.

2. La valoración del trébol en la pradera mixta, expresada en equivalente de fertilizante, donde no se apli-



ANEXO 2.—*Distribución anual de la producción de 2 años en dos lugares de Mabegondo.*

có N, fue de 310, 70 y 110 kg./ha. para los tres lugares. Estas cifras guardan relación con el porcentaje de trébol: 40, 21 y 27 por 100, respectivamente.

3. El crecimiento diario de la pradera mixta y de gramínea, sin nitrógeno, fue, respectivamente, de 54 y 37 kg. MS/ha. en Puebla, 45 y 39 kg./ha. en Ventosa y de 37 y 26 kg./ha. en Pelamios. El número de días de crecimiento registrados en los tres lugares fue, respectivamente, de 263, 167 y 234.

4. Al aplicar N hasta la dosis de 180 kg. N/ha., desciende el contenido de trébol de la pradera mixta en estas localidades (16, 7 y 9 kg. por kg. N, respectivamente), con lo cual la respuesta al N es baja (5, 9 y 14 kg. MS/kg. N), mientras que la pradera de gramínea ofrece una respuesta más alta al N: 13, 14 y 16 kg. MS/kg. N, respectivamente.

5. El valor del trébol desciende al aplicar N, paralelamente al descenso de trébol. Para las dosis de 90 y 180 kg. N/ha. se obtienen, respectivamente, 250 y 200 kilogramos N/ha. en Puebla, 40 y 10 kg. N/ha. en Ventosa, y 70 y 30 kg. N/ha. en Pelamios, como equivalente en fertilizante del trébol.

6. La dosis de N que equipara la producción en los dos tipos de pradera, por supresión del trébol en la mixta se estima para las tres localidades en 500, 200 y 240 kg./ha.

7. La pradera mixta con baja aplicación de N o alto contenido de trébol presenta una alta producción al final de primavera y verano, y una distribución estacional más uniforme que la pradera de gramínea. Al aplicar N en ambas praderas se incrementa la estacionalidad de producción en primavera, ya que la respuesta al N en otoño fue escasa.

Bibliografía

BROCKMAN, J. S., y WOLTON, K. M. (1963). «The use of N on grass/white clover swards». *Journal British Grassld. Soc.*, 18: 7-13.

BROCKMAN, J. S., y CAMM, B. M. (1981). «The use of legumes to save fertilizer N». *Legumes and fertilizers in Grassland Systems.* Winter Meeting, BGS: 4.

DAVIES, W. E. (1973). *The potential contribution of forage legumes to the N protein energy crisis.* Report WPB Sta., 103-110.

GONZALEZ R., A; GONZALEZ A., E., y SINEIRO G., F. (1985). «Efecto del aporte de nitrógeno en el establecimiento de praderas mixtas en terrenos a monte». *Anales INIA. Serie Agrícola*, 28: 25-35.

GONZALEZ, R. A. (1986). «Use of fertilizer N and white clover as nitrogen sources for herbage production on a hill area». *Grasslands facing the energy crisis.* 11th Meet. Eur. Grassld. Fed. Setubal. Portugal.

GREENWWOD, P. B., y SHEATH, G. W. (1981). «Seasonal distribution of pasture production in N. Zealand». *N. Zealand J. Exp. Agr.*, 9: 151-155.

REID, D. (1983). «The combined use of fertilizer N and white clover as nitrogen sources for herbage growth». *J. Agric. Sci., Cambridge,* 100: 613-623.

SEARS, P. D.; GOODHALL, V. C.; JACKMAN, R. H., y ROBINSON, G. S. (1965). «Pasture growth and soil fertility. 8. The influence of grasses, white clover, fertilizers and the return of herbage clippings on pasture production of an improverished soil». *N. Z. Jl. Agric. Res.*, 8: 270-283.

THOMSON, D. J. ((1984). «The nutritive value of white clover». *Forage Legumes.* Occ. Symps. BGS, núm. 16: 17-92.

WALKER, T. W.; ORCHISTON, H. D., y ADAMS, A. F. R. (1954). «The N economy of grass legume associations». *J. British Grassld. Soc.*, 9: 254-274.

WHITEHEAD, D. C. (1970). «The role of N in Grassland productivity». *CAB Bull.*, 48: 54.

Control de «Rumex» a ULV con reducción de dosis herbicidas empleando aminoácidos de síntesis

J. L. García González

Centro Regional del SEA.
Santiago de Compostela (La Coruña)

RESUMEN

Se exponen en el presente trabajo los resultados de ensayos previos y estadísticos posteriores sobre control de *Rumex,* labazas o paniegas, con dos herbicidas distintos a diversas dosis, solos o combinados con aminoácidos de síntesis, empleando para su aplicación la técnica de ultra bajo volumen o tratamiento con tamaño de gota controlado y utilizando aparatos de superficie controlada y no controlada.

Se trata de demostrar las ventajas del sistema y la posibilidad de reducir considerablemente las dosis de herbicida, el coste por hectárea y la depresión de la pradera a partir de determinadas dosis.

SUMMARY

With the aim of contributing to the *Rumex's* control in the North and Northwest of Spain, this work explains the first results of seven treatments, in three different times, with two herbicides by different doses, alone or with synthetical aminoacids.

A manual rotary atomizer is used for applyng 10 l./ha, ULV systeme, of solution.

The results indicate that it is possible to reduce the herbicide doses by combination with synthetical aminoacids and to reduce his yield depressor effects on the grass.

Antecedentes

Cada día el problema de la expansión del *Rumex* es más grave por causas de todos conocidas. Por otra parte, hasta la actualidad sólo se conoce un herbicida específico para su control, el *Asulam,* pero lo que no está claro es la dosis ni el momento de aplicación. El empleo de las dosis recomendadas por la casa suministradora resulta caro, por un lado, y, por otro, si se aplica cuando la pradera está en desarrollo hay un deterioro evidente de la producción correspondiente a ese aprovechamiento. Si se aplica en época fría y con la pradera parada, los efectos tardan a veces meses en manifestarse.

Otro aspecto a tener en cuenta es el grado de infestación de la pradera, si sólo es por rodales o la expansión es general. Tanto en un caso como en otro el problema de mano de obra y material de tratamiento es evidente. Para resolverlo se ha recurrido al ULV con sus diferentes tipos de máquinas y reduciendo el caldo a 10 l./ha., incluidos el herbicida, aminoácidos, antievaporantes y agua.

Por último, la comercialización en el norte y noroeste de España de aminoácidos de síntesis capaces, por un lado, de potenciar la efectividad de los herbicidas y, por tanto, de reducir sus dosis al mismo tiempo que ayudan a la pradera a reponerse de la agresión que el tratamiento herbicida supone nos han motivado a realizar el presente estudio en el sentido más amplio.

Como consecuencia de esta inquietud en 1985 se realizaron cinco ensayos, no estadísticos, en cinco localidades de Galicia con los siguientes resultados:

— Los tratamientos tempranos, principios de marzo, en sitios fríos, Sarria (Lugo), no afectan apenas a la pradera y sí al *Rumex,* aunque tardan en manifestar sus efectos.
— Los tratamientos tardíos, mitad de abril, en sitios menos fríos, Santiago, y a las dosis comerciales, afectan fuertemente a la pradera, perdiéndose prácticamente el corte.
— El *Rumex* en estado de escapos florales no es sensible al herbicida.

— La combinación de dosis menores de herbicida, dos litros por hectárea, con aminoácidos de síntesis, un litro por hectárea y sin aceite antievaporante, no sólo controla el *Rumex* sino que además permite un desarrollo normal de la pradera.
— Es preciso el tratamiento durante dos años a fin de controlar las plantas que se escapen y las que nazcan nuevas.
— La efectividad del tratamiento es buena, tanto con las máquinas, de ULV, de superficie controlada como con las de no controlada.

Lógicamente estos resultados sólo tienen la validez de observaciones no cuantificadas, por lo que se hacía preciso un estudio más completo y cuantificarlo, que se plantea en el presente año en la Escuela de Capacitación Agraria de Sergude.

Objetivo

Determinar la dosis más adecuada de herbicidas, se ensayan dos y se van a incorporar otros, solos o combinados con aminoácidos de síntesis aplicados a ULV.

Determinar la época más adecuada de aplicación para obtener la mejor efectividad en el control del *Rumex* y el menor detrimento de la pradera.

Con todo ello se pretende determinar la dosis más económica en coste y en rendimiento de la pradera.

Método

a) *Epoca.*—Se establece un campo por época de tratamiento considerando como tales:

— Finales de enero.
— Finales de febrero.
— Mediados de abril.
— Octubre-noviembre después del último pastoreo.

b) *Dosis.*—Se establecen las siguientes:

T10. 6 l./ha. de herbicida conteniendo *Asulam* con un litro de aceite antievaporante y 3 de agua.

T11. Lo mismo con 4,1 y 5 litros, respectivamente.
T12. 2 litros de herbicida, uno de aminoácidos de síntesis y 7 de agua.
T13. Igual con un litro de herbicida, uno de aminoácidos y 8 de agua.
T20. 4 l./ha. de un herbicida experimental y uno de aceite antievaporante y 5 de agua.
T21. 2 litros de herbicida, uno de aminoácidos y 7 de agua.
T22. Igual con uno, uno y 8, respectivamente.

c) *Planteamiento.*—Se establecen todos los campos con cuatro repeticiones en bloques al azar. La parcela elemental tiene 4,2 m. de ancho por 14 de longitud para facilitar el manejo a ULV.

La máquina empleada es la Herbi Garden, de seis pilas, con una anchura efectiva de tratamiento entre 1,4 y 1,5 m, el gasto fijado es de 10 l./ha.

Controles

El control cuantitativo se refiere, en todas las épocas, al número de plantas existentes y al número de las controladas, es decir, muertas.

Otro control cuantitativo que se pretende hacer es el de la influencia en el rendimiento de la pradera en los tratamientos de enero, febrero y abril.

Como controles cualitativos tenemos la apreciación visual del estado de la pradera, según una escala de —5 a —3 que realizan los alumnos de la escuela.

Primeros datos

Cuando el Congreso tenga lugar se dispondrá de información completa respecto a los tres primeros tratamientos. De momento sólo se pueden adelantar las siguientes observaciones:

— El efecto del herbicida experimental es espectacular nada más realizar el tratamiento, pero con temperaturas inferiores a 12° C el *Rumex* se recupera con bastante más rapidez que el trébol.
— El efecto del *Asulam* es muy lento, aunque se dan unos días de buenas temperaturas se manifiesta rápidamente, incluso un mes después del tratamiento.
— La dosis de 6 litros de herbicida con *Asulam* afecta fuertemente al trébol, aunque no lo mata. La de 4 litros, aunque lo afecta, lo hace en menor intensidad.
— La dosis de 2 litros de herbicida con *Asulam* y uno de aminoácidos tiene unos semejantes en el *Rumex* a las dosis anteriores, pero no afecta al trébol.
— La dosis de 1 litro de herbicida con *Asulam* y otro de aminoácidos no parecen, de momento, ser suficiente para controlar el *Rumex.* Habrá que esperar a los tratamientos con más temperatura.
— Lo mismo sucede con las mismas dosis en el herbicida experimental.

Métodos de evaluación en la capacidad productiva de suelos de prado en distintos países de la CEE. Una propuesta para Galicia

F. Díaz-Fierros V. y F. Gil Sotres

Departamento de Edafología. Facultad de Farmacia
Universidad de Santiago

RESUMEN

Se discuten los distintos sistemas de evaluación de tierras de la CEE, señalando las posibilidades de su aplicación para la determinación de la aptitud de los suelos a ser utilizados como prados y pastos.

Se propone para Galicia un procedimiento numérico de evaluación de la capacidad productiva de los prados y pastos, que toma como base los datos del mapa 1 : 200.000 de *Capacidad productiva de los suelos de Galicia* (1984). Se justifica la necesidad de incluir en él un factor dependiente de la fertilidad química del suelo y determinado por factores de uso, manejo y tipo de roca.

Finalmente, se divide Galicia en tres zonas de acuerdo con su aptitud para la producción de prados y pastos, en relación con otros usos del suelo.

SUMMARY

This article discusses the various methods of land evaluation used in EEC countries and their possible application to determine the suitability of land for meadow or pasture. A numerical method of estimating the productive capacity of Galician Grassland is proposed which is based on the data of the 1:200.000 map *Capacidad productiva de los suelos de Galicia* (1984). Arguments are put forward to justify the inclusion of a factor determined by the chemical fertility of the soil, land management practices and the type of

parent rock. Finally, Galicia is divided in three zones on the basis of the suitability of their soils for Grassland as against other uses.

Evaluación de la capacidad productiva de los prados y pastos en la CEE

En la CEE existen algunos métodos de evaluación elaborados exclusivamente para conocer la aptitud de los suelos para su utilización como prados o pastos, como pueden ser los de LEE y DIAMOND, 1972, en Irlanda; de HARROD, 1979, o BERENTON, 1981, en Inglaterra, o de MORI y TURC, 1983, en Francia. Sin embargo, en la mayor parte de los países de la CEE, para conocer este tipo de aptitud de los suelos, se recurre a sistemas de evaluación de carácter más general, como los derivados del método USDA de Clases Agrológicas, en los que la aptitud hacia una dedicación del suelo a prados se decide en competencia con otros tipos de usos del suelo. De todas formas, en algunos países como es el caso de Inglaterra, Alemania y Holanda, dentro de estos sistemas generales de evaluación de la capacidad productiva de los suelos, se hace un apartado específico con el uso del suelo como prado, evaluando las condiciones particulares de los suelos, que dentro de la sistemática general influyen sobre la productividad de los mismos. Es importante señalar que aun cuando existen una gran variedad de sistemas de evaluación, en los últimos años se asiste a diferentes intentos de aproximación a las directrices propuestas por la FAO (1975) para la evaluación de tierras, siendo de destacar entre ellas las de Holanda e Italia. Una síntesis de las propiedades o cualidades del suelo que se tienen en cuenta en los sistemas de evaluación de carácter general utilizados preferentemente en los distintos países de la CEE se recoge en la Tabla 1 *. En aquellos países donde en el sistema general de evaluación se contemplan especificaciones particulares para los prados serán estas condiciones las que se reflejen en el cuadro.

* De Grecia, se desconocen datos, y con relación a Dinamarca, sólo existen sistemas de evaluación para determinadas capacidades, muy particulares, de los suelos (lavado de nitratos, necesidad de drenaje, etc.).

Como resumen de dicho cuadro se podría concluir que las «propiedades» del suelo que se tienen en cuenta de forma preferente son la textura, las condiciones de hidromorfia del suelo (altura de la capa de agua) y la profundidad, y en relación con las «cualidades» son fundamentalmente la disponibilidad de agua y aire, así como la resistencia mecánica del suelo al pastoreo o tráfico.

Por último, habría que señalar las propuestas de LEE (1981 y 1983) para realizar la evaluación de la capacidad productiva de los prados a escala de toda la CEE, y en la que, en su última versión, los datos sobre los que se apoya son de tipo climático y de suelos, considerando en relación con estos últimos la disponibilidad de agua y aire, la accesibilidad al tráfico, la pedregosidad y la pendiente.

Como nota más destacada de toda esta revisión cabría señalar el papel singular que adquieren para este tipo de evaluaciones los datos climáticos y aquellos del suelo que afectan fundamentalmente a la fertilidad física del mismo. Las propiedades del suelo de las que depende la fertilidad química, en cambio, o no se consideran, o tienen un papel muy secundario en la evaluación (p. e., en el sistema numérico de BEGON (1978) aplicado en Francia, a este tipo de propiedades se le da un máximo de 10 puntos sobre un total de 100 para toda la evaluación). La justificación de este hecho se encuentra en que para la filosofía de la mayor parte de los sistemas de evaluación se debe recoger en ellos sólo las cualidades o propiedades del suelo más difícilmente modificables, como es el caso, en general, de aquellas que determinan su fertilidad física. Los problemas de fertilidad química se consideran, en cambio, fácilmente subsanables por el abonado, sobre todo para agricultura de un cierto grado de intensificación, y por lo tanto de menor importancia que los que pueden plantear, por ejemplo, la falta o el exceso de agua en el suelo.

Método de evaluación propuesto para Galicia

En el año 1984 DIAZ-FIERROS y GIL SOTRES publicaron un mapa a escala 1:200.000 de la *Capacidad*

TABLA I

CRITERIOS FUNDAMENTALES UTILIZADOS EN LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE EVALUACION DE SUELOS DE LOS PAISES DE LA CEE CUANDO EN EL SISTEMA SE HACE UNA EVALUACION ESPECIFICA PARA LOS PRADOS, SE INDICAN LOS CRITERIOS DE LA MISMA

País y autores de referencia del método	Sistema de evaluación (Pons, 1975. Número de clases	Evaluación específica de prados	Presenta opciones socioeconómicas	Toma como base un mapa de suelos	Cualidades del suelo: Utiliza criterios climáticos	Disponibilidad de agua	Disponibilidad de aire	Aptitud mecánica	Disponibilidad nutrient.	Textura	Rocosidad Pedregos.	pH	Profundidad	Nivel freático	Agua útil	Pendiente
Alemania (Heide-Muckenhausen 1980)	N 100	X		X	X					X			X	X	X	X
Bélgica (Hanotiaux, 1980)	C 5			X						X		X	X	X		X
Francia * (Begon, SECP, 1978) ...	N 6					X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
España (Ministerio Agricultura, 1975)	C 7									X	X	X	X	X	X	X
Inglaterra (MAFF, 1966)	C 5 **	X			X					X	X		X	X		X
Irlanda (Lee, 1980)	N 5	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
Italia * (sistema USDA)	C 7									X	X			X	X	X
Portugal (Carvalho, 1968)	C 5			X	X					X	X					
Holanda (Haans)	C 3	X		X		X	X	X								

N = Sistema numérico C = por categorías de aptitud (el número, equivale al de categorías de Pons [1975].
* Existen propuestas recientes de modificación del método.
** Las clases intermedias se subdividen según su aptitud para los prados y pastos.

productiva de los suelos de Galicia, de acuerdo con las directrices de la FAO (1975) sobre evaluación de tierras. A partir de los datos de clima, suelo y sitio recogidos en el mapa, se elaboró a título experimental una tabla de conversión de las unidades del mapa en clases de aptitud para tres usos del suelo diferentes, siendo uno de ellos la dedicación a prados.

El método propuesto en este trabajo puede considerarse como una segunda aproximación a dicha tabla de conversión, y aun cuando metodológicamente se siguen principios similares ahora se intenta precisar más los términos de la evaluación y alcanzar una definición cuantitativa de los mismos. El método, siguiendo a la mayor parte de los sistemas numéricos o paramétricos de evaluación (RIQUIER, 1971), parte de unos valores de producción potencial calculados en general por criterios climáticos. A dicho valor se le aplican progresivamente las reducciones al mismo que imponen los distintos factores limitantes de la producción, asumiéndose como modelo que liga la producción con sus factores limitantes, el de tipo multiplicativo, ya que de acuerdo con RIQUIER (1971) es superior al de tipo aditivo, y aun cuando no alcanza las ventajas teóricas de otros modelos más complejos, como pueden ser los exponenciales, en situaciones como es la de Galicia, donde no existe aún un número abundante de experiencias de campo de suficiente garantía para poder contrastar la validez de los distintos parámetros que estos últimos modelos necesitan, el método multiplicativo puede resultar sin duda el más adecuado para este tipo de evaluaciones. El método multiplicativo, por otro lado, es el que todavía se sigue usando con mayor profusión en este tipo de procedimientos numéricos de evaluación (DUMANSKI, 1981; BURING, 1975; RIQUIER *et al.,* 1970, etcétera).

En la fórmula que utilizan los métodos numéricos de evaluación de tipo multiplicativo existen normalmente dos partes bien diferenciadas, en una de ellas se calcula la productividad potencial a partir fundamentalmente de una base climática (con fórmulas del tipo de la de PAPADAKIS, 1952; TURC, 1972, etc.), y en la otra se integran los factores que pueden limitar dicha producción

potencial, evaluando individualmente cada uno de los factores de 0 a 1.

En este caso, para calcular la producción potencial de los prados se tuvieron en cuenta fundamentalmente los criterios de COOPER (1970) sobre la eficiencia de aprovechamiento de la energía solar que alcanza la superficie de la tierra, y de la cual se dispone hoy de un mapa de isolíneas de Galicia a escala 1:1.000.000 (PAZ GONZALEZ y DIAZ-FIERROS, 1985). De acuerdo con el citado autor, en la zona templada los índices de conversión de la energía solar fotosintética oscilan del 1,8 al 3 por 100, en unas condiciones de manejo óptimo (regadío y fertilizantes de más de 400 kg.N/ha.). Aplicando esos índices a Galicia nos darían producciones potenciales superiores a las 20 t.MS/ha., valores que se podrían dar en unas condiciones de manejo muy particulares (DAVIES, 1968, cita un caso de un prado de Lugo con producciones de 24 t.MS/ha., y VIEITEZ, 1973, con prados de Pontevedra, señala valores de 18 a 23 t.MS/ha.). De todas formas, en otras experiencias donde las condiciones de manejo se aproximan más a la situación media de las explotaciones punteras gallegas como pueden ser las experiencias del CRIDA-01 (praderas F_4 o F_6 con fertilizaciones de 100 a 150 kg.N/hectárea) los índices de conversión se sitúan en torno al 1,3 por 100 en condiciones de regadío, e inferiores en secano. Aplicando dicho índice de conversión a los valores del mapa de Galicia de radiación solar incidente, y de acuerdo con las consideraciones de COOPER (1970), se obtienen los datos de producción potencial para Galicia reflejados en el mapa de la Figura 1. En una aplicación estricta de la teoría sobre las eficiencias de conversión de la radiación solar en materia seca (BUDYKO, 1974), la temperatura debería incrementar esta eficiencia, y por lo tanto aumentarla en la Galicia meridional y disminuirla en las zonas de montaña. De todas formas, estas variaciones no deberían ser superiores a $\pm$ 15 por 100, por lo que no serán tenidas en cuenta aquí para no complicar en exceso el método de cálculo.

Los factores limitantes que van a ser tenidos en cuenta son aquellos que fueron considerados en la ela-

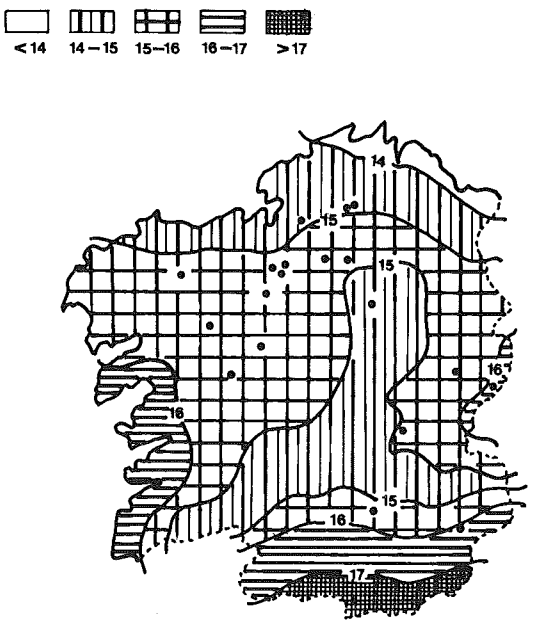


FIG. 1.—*Valores de producción potencial de prados (Tm/ha) y localización de las experiencias de producción consideradas en el trabajo.*

boración del mapa de la *Capacidad productiva de los suelos de Galicia,* pues en ellos se condensa toda la información que hoy se posee en Galicia con posibilidades de ser cartografiada a una escala de síntesis. A partir de estos datos y de un conjunto de experiencias de producción, fundamentalmente del CRIDA-01, cuya localización se indica en el mapa de la Figura 1, así como de algunos trabajos que estudiaron de forma puntual la acción de alguno de estos factores (PAZ GONZALEZ y DIAZ-FIERROS, 1983), se determinaron los coeficientes (con valores extremos de 0 a 1) de los factores limitantes tenidos en cuenta. Los símbolos de las clases en las que se dividen los factores son los del mapa citado. Siendo lo coeficientes de los factores considerados los siguientes:

Factor S (de suelo y sitio) (Apéndice I)

Suelos de las clases A, B, C, D y C y D	1
Suelos de las clases E y E, cuando estas últimas tienen pendiente de 25-35 por 100 y más de profundidad o menos de 20 por 100 de pendiente y profundidad 25-50 cm.	0,8
El resto de las clases E y las clases F y F	0,6
Suelos de clase G	no son aptos para prados

Factor H (régimen de heladas)

Clase L (riesgo de heladas < 3 meses)	1
Clase M (3-6 meses)	0,9
Clase P (6-7,5 meses)	0,8
Clase T (7,5-9 meses)	0,65
Clase N (+ 9 meses)	0,5

Factor D (déficit de precipitación)

Menos de 100 mm. de déficit	1
De 100 a 200 mm.	0,9
De 200 a 300 mm.	0,8
De 300 a 400 mm.	0,7
De 400 a 500 mm.	0,6
Más de 500 mm.	0,5

Factor F (fertilidad química del suelo)

Aun cuando, como ya se vio en la Introducción, en los métodos habituales de evaluación a este factor se le da escasa importancia en el caso concreto de Galicia, se consideró importante su inclusión por las siguientes razones:

1. Cuando se comparan las producciones de los prados implantados en terrenos habitualmente dedicados a monte con otros que se desarrollan sobre antiguos suelos de cultivo o que tradicionalmente estuvieron dedicados a prados (suelos A, B, C, C, D y E del

mapa de *Capacidad productiva de los suelos de Galicia*), se encuentra una diferencia sustancial entre sus producciones (Fig. 2). La razón de esta diferencia se explica en buena parte por el abonado orgánico tradicional al que estuvieron sometidos, que deja una fertilidad residual importante, y por la inmovilización que determinados nutrientes sufren en los suelos a monte. Como, por otro lado, estos dos tipos de suelos se pueden diferenciar fácilmente en el mapa que se toma como base, el separar la influencia de los mismos con distinto tipo de factores se puede hacer sin problemas. Indudablemente, los suelos a monte transformados en prados deben evolucionar con el tiempo hacia las mejores condiciones de los prados tradicionales o los antiguos suelos de cultivo y, en consecuencia, los índices

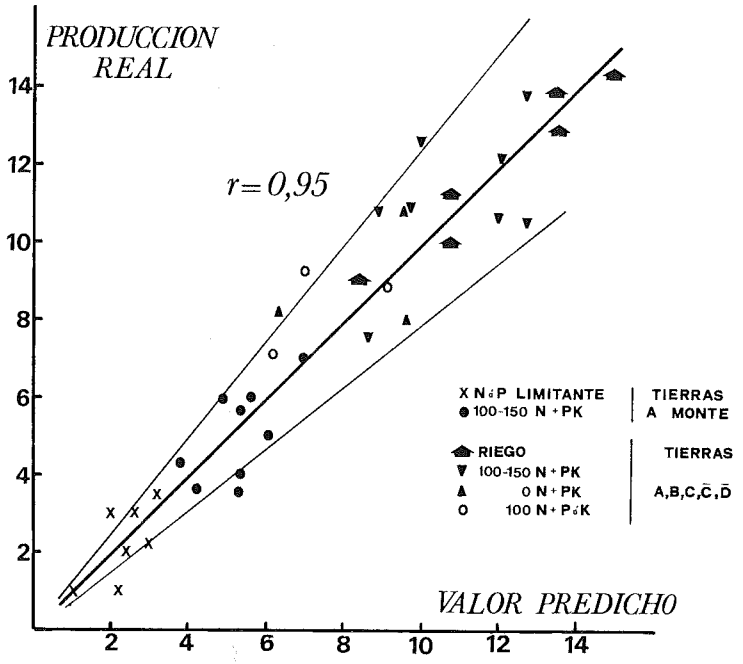


FIG. 2.—*Relación entre la producción real de las experiencias consideradas en este trabajo y la teórica predicha por la fórmula* $P=Po\times S\times H\times D\times F$. *La recta de trazo gruesa corresponde a la función* $y=x$, *y las de trazo fino a los límites de las desviaciones de* $\pm 20\%$.

deberían cambiar. De todas formas, esta evolución es todavía mal conocida y por lo tanto no permite una traducción de la misma en términos cuantitativos. Sólo se podría añadir, a tenor de las experiencias que sirven de base para la obtención de los índices, que los correspondientes a los suelos «a monte» sólo serían válidos para los tres o cuatro primeros años de la implantación del prado.

2. Los distintos materiales de partida imponen unas condiciones de fertilidad que aunque en menor grado que en el caso anterior también influyen sobre la producción de los prados.

3. A partir de los blancos de muchas de las experiencias consideradas se pueden establecer dos alternativas de manejo en función de dos niveles de fertilización, la natural (denominada 0-0) y otra de inversión media equivalente a $N{:}P{:}K$ = 100-150:100:100 (denominada 100-100).

En conclusión, le carácter de este factor se deriva de unas condiciones naturales de fertilidad y, sobre todo, de la historia agronómica del suelo y de los dos niveles de manejo seleccionados, es decir, de consideraciones de carácter socioeconómico.

Los coeficientes correspondientes según las variantes citadas serían los siguientes:

Tipo de material de partida	*suelos a monte*		*antiguos prados o cultivos*	
	alternativas:		*alternativas:*	
	0-0	*100-100*	*0-0*	*100-100*
Esquistos arcillosos y rocas básicas	0,25	0,55	0,75	1,00
Granitos y esquistos en general	0,20	0,50	0,65	0,90
Cuarcitas y areniscas	0,10	0,40	0,50	0,70

La fórmula de evaluación sería, en consecuencia, la siguiente:

$$P \text{ (producción en t.MS/ha.)} = Po \text{ (prod. potencial)} \times \times S \times H \times D \times F$$

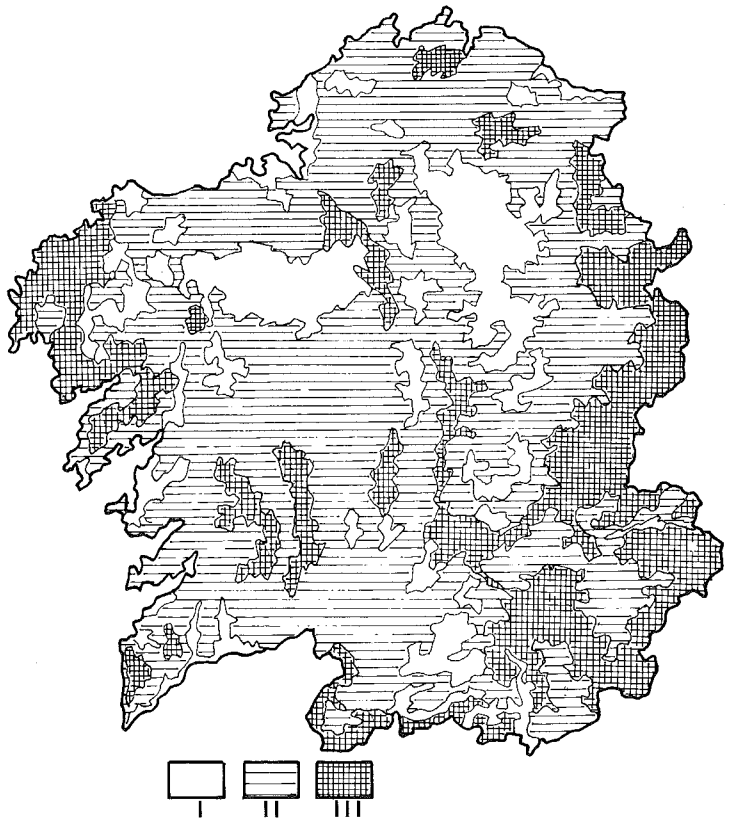


FIG. 3.—*Zonas de Galicia según su aptitud para el uso de prados y pastos.*

Los límites de aplicación del método pueden analizarse a partir de la Figura 2, donde se relacionan los valores de producción de las distintas experiencias con los calculados por el método propuesto, observándose que la mayor parte de los valores se encuentran comprendidos dentro de unos márgenes de desviación de $\pm$ 20 por 100. Asimismo cabría destacar la alta correlación que presentan entre sí las experiencias bajo regadío, y que se podría justificar, al no influir sobre ellas

la variabilidad climática interanual de los déficits de precipitación, factor que sí, en cambio, afectaría al resto de las experiencias.

Aplicando este método de evaluación a las clases definidas en el mapa 1:200.000 de *Capacidad productiva de los suelos de Galicia,* el territorio gallego se podría dividir en tres grandes zonas según su aptitud para la producción de prados:

Zona I.—Existen condiciones excelentes para la producción de prados (con rendimientos según la alternativa 100-100 superiores a las 10 t.MS/ha.), pero en donde también las alternativas de cultivo tipo maíz, maíz-alcacer, maíz-veza-avena, etc. tienen también un excelente pronóstico y con producciones que en la mayor parte de los casos deben superar a las de los prados (LLOVERAS, 1982).

Por estas razones, y a pesar de la buena aptitud para prados, esta zona debería dedicarse de forma preferente al cultivo intensivo, con rotaciones similares a las señaladas que, obviamente, podría orientarse hacia la obtención de forrajes para el ganado. Totaliza en su conjunto 623.553 has.

Zona II.—Las condiciones para la producción de los prados son de medias a excelentes, mientras que ya los cultivos intensivos sufren serias limitaciones, sobre todo de pendiente y profundidad. Sería la zona de elección para la dedicación a prados y pastos. Totaliza en su conjunto 1.301.758 has., lo que representa el 45 por 100 de la superficie total de Galicia.

Zona III.—Las limitaciones, tanto de suelo como de clima, son ahora muy altas, por lo que la producción de los pastos descendería de forma notable, con lo que el uso fundamental del suelo, en una ordenación racional del territorio, debería ser el de bosque maderable o de recreo. Totaliza la zona 917.597 has.

Finalmente, cabría señalar que en la zona II, la de elección para un uso ganadero, la producción media calculada, de acuerdo con el método de evaluación propuesto, sería de 3,95 t.MS/ha. en la alternativa 0-0 y de 6,63 t.MS/ha. en la 100-100, y si se acepta que una

APENDICE 1

Agrupamiento en clases de las cualidades «mecanización», «posibilidades de mecanización y riego», «disponibilidad de espacio para enraizamiento» en función de los datos de pendientes, afloramientos y profudidad del suelo, y la de «riesgo de erosión» expresada directamente.

CLASE	*Pendiente* %	*Afloramientos* %	*Profundidad* %	*Riesgo erosión*
A	<3	<10	>100	1-2
B	<3	<10	50-100	1-2
	3-10	<10	>100	2-3
C	<3	10-25	50-100	1-2
	<10	10-25	>100	2-3
	3-10	<10	50-100	1-3
D	3-10	<25	>50	4
	3-10	10-25	50-100	1-3
	10-20	<25	>50	2-3
E	10-20	<25	>50	4
	20-35	<25	>50	3-4
	<35	<25	25-50	1-4
F	<35	25-50	>25	1-4
	35-50	<50	>25	4
G	>50	>50	>25	4

C Iguales limitaciones que las tierras de la clase D, pero modificada su profundidad y pendientes por abancalamiento.

D Iguales limitaciones que las tierras de la clase E, pero modificada su profundidad y pendientes por abancalamiento.

E Iguales limitaciones que las tierras de la clase F, pero modificada su profundidad y pendientes por abancalamiento.

cabeza de ganado vacuno se sostiene con 4,5 t.MS/ha. año, la capacidad ganadera potencial resultaría de 1.142.654 cabezas en la alternativa 0-0 y de 1.917.923 en la 100-100.

Bibliografía

BEGON, J. C.; MORI, A., y HARDY, R. (1978). «Un sistème de classement des terres suivant leur aptitude à la production agricole, son application à une region de culture intensive dans le Bassin parisienne». *Compt. R. Ac. d'Agr. Fr.*, 1274-1285.

BRERENTON, A. J. (1981). «Potential grass production under grazing». Proc. Symp., núm. 13. *British Grass. Soc.*, 31-35.

BUDYKO, H. (1974). *Climate and Life.* Acad. Press. New York.

BURING, P.; VAN HEEMST, H. D., y STARING, G. J. (1975). «Computation of the absolute maximum food production of the world». *Agr. Univ. Wageningen Pub.*, 598.

COOPER, J. P. (1970). «Potential, Production and energy conversión in temperate and tropical grasses». *Herb. Abstr.*, 40: 1-15.

CARVALHO CARDOSO, J. (1972). «Carta de Capacidade de Uso de Portugal». *Boletim de Solos*, núm. 12.

DAVIES (1968). «Los pastos y prados de España». *Inf. Comer. Esp.*, 149: 112-135.

DIAZ-FIERROS, F., y GIL SOTRES, F. (1984). *Capacidad productiva de los suelos de Galicia. Mapa 1 : 200.000.* Univ. Santiago.

DUMANSKI, J., y STEWART, R. (1981). *Crop Production Potentials for Land Evaluation in Canada.* Agr. Canada.

HAANS, J. C. (1980). «Soil Resource inventories and their application in the Netherlans», en *Lan Resource Evaluation,* eds. LEE, J., y VAN DER PLAS, L., Com. Eur. Comm. EUR 6875 EN.

HANOTIAUX, G. (1980). «Land Evaluation in Belgium», en *Land Resource Evaluation,* eds. LEE, J., y VAN DER PLAS, L., Com. Eur. Comm. EUR 6875.

HARROD, T. R. (1979). «Soil Suitability for Grassland», en *Soil Survey Applications.* Soil Survey. Harpenden.

HEIDE, G., y MUCKENHAUSEN, E. (1980). «Land Resource Evaluation in the Federal Republic of Germany», en *Land Resource Evaluation,* eds. J. LEE y L. VAN DER PLAS. Com. Eur. Comm. EUR 6875 EN.

LEE, J., y DIAMOND, S. (1972). «The potential of Irish land for livestock production». *Soil Survey Bull.*, 26. An Foras Taulantais. Dublin.

LEE, J. (1984). «Land Evaluation for Grassland in Europe», en *Progress in Land Evaluation,* eds. J. HAANS *et al.* Balkema. Rotterdam.

LLOVERAS, J. (1982). «Estudio comparativo de la producción de praderas y rotaciones de cultivo en Galicia». *Pastos,* XII, 1: 145-155.

MORI, A., y TURC, L. *Carte de France de Potentialité Fourragére Annuelle.* INRA.

PAPADAKIS, J. (1960). *Geografía Agrícola Mundial.* Ed. Salvat. Barcelona.

PAZ GONZALEZ, A., y DIAZ-FIERROS, F. (1985). «Estudio de las medidas de radiación en Galicia», en *Avances sobre la investigación en bioclimatología,* ed. Blanco de Pablos (prensa).

PAZ GONZALEZ, A., y DIAZ-FIERROS, F. (1983). «A rentabilidade da Rega en Galicia», en *Recursos básicos da agricultura galega.* Sem. Est. Galegos. Sada.

PONS, L. J. (1975). «Introduction to the Approaches to Land Suitability in Europe», en *Land Evaluation in Europe.* FAO Soil Bull., 29.

RIQUIER, J.; BRAMAO, L., y CORNET, J. (1970). *A new system of soil appraisal in terms of actual and potential productivity.* FAO. AGL: TESR.

RIQUIER, J. (1971). *A parametric Method of Land Evaluation.* FAO. AGL: Misc.

TURC, L. (1972): «Indice climatique de potentialité agricole». *Sci. du Sol.*, 2: 81-102.

VIEITEZ, E., y FABREGAS, R. (1977). *Pastos de la provincia de Pontevedra.* Dip. Provincial. Pontevedra.

Respuesta de dos especies pratenses («Lolium perenne» y «Trifolium repens») a la compactación del suelo

M. C. García Pita y F. Díaz-Fierros

Departamento de Edafología. Facultad de Farmacia
Universidad de Santiago

RESUMEN

Se estudia la respuesta de *Lolium perenne* y *Trifolium repens* a la compactación de un suelo de textura franca derivado de gabros (con valores de la densidad aparente comprendidos entre 1,1 y 1,50 gr./cc.). El *Trifolium* se muestra mucho más sensible que el *Lolium* a la compactación, experimentando una reducción importante en la producción a partir de densidades iguales o superiores a 1,37. El *Lolium* al final del período de ensayo (6 meses) manifiesta una recuperación en el crecimiento en suelos con densidades intermedias, como consecuencia de una disminución de la resistencia mecánica del suelo, provocada por el crecimiento de la planta. De las propiedades del suelo estudiadas y con posible influencia sobre el crecimiento: permeabilidad al aire y resistencia mecánica, parece ser esta última la que ejerce un mayor efecto limitante sobre la producción.

SUMMARY

Trifolium repens grown on a loam soil (parent material, gabro), with bulk densities of 1,1-1,5 gr./cc. has proved to be more sensitive than *Lolium perenne* to soil compaction, its yield falling considerably on soil of bulk density 1,37 or greater, whereas in medium-density soils the growth rate of *L. perenne* recovered towards the end of the six-month trial as a result of a decrease in the mechanical resistance to its growth. The latter factor appears to constitute a

greater impediment to growth than the compacted soil's reduced permeability to air.

Introducción

Aun cuando existe lógicamente una cierta variación en los datos aportados por los distintos autores sobre las presiones ejercidas por las pezuñas de los rumiantes sobre el suelo (Tabla I) sus valores son siempre de considerable magnitud si se tiene en cuenta como término comparativo que la ejercida por las ruedas de un tractor está comprendida entre los valores de 30-150 KPa. Esta presión, cuando se aplica sobre un suelo húmedo, y por lo tanto con los valores de su capacidad de resistencia mecánica muy disminuidos, puede provocar un considerable deterioro sobre la estructura del suelo, con pérdida del espacio poroso responsable de la circulación del aire, disminución de la reserva de

TABLA 1

PRESION ESTATICA, EJERCIDA POR LA PEZUÑA DEL GANADO VACUNO Y OVINO (en KPa)

AUTOR	*Vacuno*	*Ovino*
Lull, 1959	160	64
Speeding, 1971	128-160	80-95
Lagocki, 1978	—	100
Semakule, 1983	96	68
Willat, 1983	192	83

agua útil y un aumento en la resistencia de penetración de las raíces en el suelo. Debiendo conducir todo ello a una disminución de los rendimientos en los prados.

Uno de los primeros estudios que hacen referencia a estos efectos son los de TANNER y MAMARIL, 1959, y FEDERER *et al.*, 1961, en USA, donde se demuestra cómo el pastoreo causa un incremento en la densidad aparente del suelo, aumento de su capacidad de resistencia y disminución de la permeabilidad al aire. Posteriormente GRADWELL, 1968, en Nueva Zelanda, en una

serie de estudios, aparte de demostrar la incidencia negativa del pastoreo sobre las mismas propiedades que en los estudios anteriores, resalta cómo la capacidad de retención de agua utilizable por las plantas, así como la conductividad hidráulica del suelo disminuyen de forma significativa. Asimismo, analizando las posibilidades de recuperación de la estructura del suelo destruida durante los inviernos pone de relieve la dificultad y lentitud del proceso. Otros estudios similares, donde se demuestra la incidencia negativa del pastoreo sobre las propiedades físicas del suelo, son los de WILLAT (1983), y TOLLNER (1983).

Cuando se analiza la respuesta de la vegetación a los efectos del pastoreo los resultados no son todo lo concluyentes que los anteriores estudios hacían predecir. Y así, se encuentran trabajos, como los clásicos de EDMOND, 1964 en Nueva Zelanda o de TANNER, 1959, FEDERER, 1961 o de BRYANT, 1972 en USA en donde se muestra claramente una depresión en la producción, que puede llegar a reducir el rendimiento hasta el 35-40 por 100 de los valores de los blancos. Otros estudios, en cambio, como los de MULLEN *et al.*, 1974, 1978 en Irlanda, de TOLLER, 1983 en USA o de WILLAT, 1983 en Nueva Zelanda no son tan definitivos en sus resultados. Estas diferencias pueden deberse tanto a la variada susceptibilidad del suelo a la compactación como a la irregularidad de las situaciones de exceso de humedad por las que pasa el suelo. Por otro lado, el pastoreo presenta también efectos positivos sobre la producción, como son los derivados p.e. del incremento progresivo de la fertilidad química del suelo por las deyecciones, o incluso el efecto beneficioso sobre la economía del agua de una compactación suave del suelo. Efectos que quizá no fueron suficientemente valorados en alguno de los trabajos anteriores y diferenciados de los negativos.

Parece, de todas formas, bastante claro, que en suelos sensibles a la compactación y en situaciones de humedad del suelo superiores a la de capacidad de campo, que el efecto negativo de un pastoreo excesivo es indudable, a través de un daño directo sobre la vegetación, y sobre todo, por el deterioro de las propiedades responsables de la fertilidad física del suelo. En rela-

ción a la distinta sensibilidad que las especies pratenses pueden presentar ante este tipo de problemas, existe sobre todo el trabajo ya citado de EDMOND, 1964, donde se establece una secuencia de menor a mayor sensibilidad, de este orden:

Poa < *Lolium* < *Agrostis* < *Phleum* < *Dactylis* < *Trifolium* < *Holcus*

Finalmente, cuando el pastoreo se realiza en suelos en pendiente, se produce una forma de degradación del mismo, conocida tradicionalmente como «senderos de vaca», «terracetas», etc., en la que la compactación del suelo se produce de forma selectiva en caminos o senderos, más o menos paralelos a las curvas de nivel, y anastamosados entre sí en grado variable. Paralelamente a su formación, parece producirse una aceleración del movimiento del suelo por la pendiente, mediante procesos de creep o solifluxión. En la década de los cincuenta, diversos estudios geomorfológicos (MEYNER, 1951, DEMANGENOT, 1951, etc.) negaron total o parcialmente el origen biológico de estas formaciones, destacando, en cambio, el carácter de fenómenos asociados a procesos físicos, sobre todo de origen periglaciar. Sin embargo, a partir de trabajos como los de RHAM, 1962, YOUNG, 1974 e HIGGINS, 1982, parece claro que el origen biológico atribuido tradicionalmente a estas formaciones no debe ser excluído en la mayor parte de los casos, quedando los factores físicos como importantes coadyudantes del fenómeno. Y así, p.e., en Galicia, la mayor parte de las formaciones citadas se encuentran en zonas que, a parte de haber sufrido un pastoreo intensivo en otras épocas, tienen en general en común, desde el punto de vista físico, el de que los suelos se derivan de esquistos, tienen pendientes mayores de los 20° y su altitud es superior a los 500 m.

En este sentido, se analizará la respuesta a la compactación de dos de las especies más utilizadas en las praderas gallegas *(Lolium perenne* y *Trifolium repens)* creciendo sobre un suelo, especialmente sensible a este tipo de efectos, como es el caso de los derivados de rocas básicas (GARCIA PITA, 1985). El estudio se realizará a partir de una experiencia de incubación en

el laboratorio, que permite un mejor control de la evolución del proceso.

Materiales y métodos

El suelo utilizado en la experiencia se seleccionó de un conjunto de dieciocho, correspondientes a distintos tipos de roca madre y usos, y que fueron estudiados desde el punto de vista de su sensibilidad a la compactación por GARCIA PITA, M. C. 1985. Sus propiedades generales aparecen recogidas en la Tabla 2 y las de tipo mecánico en la Tabla 3. Desde el punto de vista de su sensibilidad a la compactación se puede señalar que teniendo en cuenta la relación entre el contenido de humedad a Capacidad de Campo y en el Límite Líquido, este suelo se encuentra en el grupo de los que representa el Límite Líquido por debajo de los valores de Capacidad de Campo, lo que indicaría un riesgo alto de compactación. Y en relación al Test Proctor este suelo es el que presenta mayor susceptibilidad a la compactación de todos los estudiados, aun cuando está muy por debajo de los valores máximos citados por GUERIF y FAURE, 1979.

El suelo se dispuso en unos recipientes cilíndricos de 10,5 cm. de diámetro y 12 cm. de alto que tenían en su fondo un lecho arenoso que prevenía el encharcamiento excesivo del suelo. Se plantaron semillas de *Lolium perenne* en la serie 1, 2, 3, 4 y 5 y *Trifolium repens,* en la 6, 7, 8, 9 y 10. Humedecido el suelo a Capacidad de Campo, se llevó a una prensa hidráulica y se sometió a presiones crecientes hasta un máximo de 2310 KPa, obteniéndose las densidades aparentes y las porosidades totales que recoge la Tabla 4. Estos resultados finales son perfectamente comparables entre las dos series (la diferencia para las mismas presiones es inferior a un 5 por 100) y dentro de valores que se pueden dar de forma natural en algunos tipos de suelos gallegos (DIAZ-FIERROS, 1971).

Los recipientes se pusieron en condiciones óptimas de luz y temperatura y la humectación de los mismos se realizó, al principio, en ciclos de veinte días, alcanzándose al final aproximadamente el 25 por 100 del agua

TABLA 2

PROPIEDADES GENERALES DEL SUELO ESTUDIADO

pH H_2O	*pH ClK*	*C %*	*Fe_2O_3 %*	*Al_2O_3 %*
5,10	4,15	1,03	3,36	1,26

Análisis mecánico					*Capac. Campo*	*Punto March. (% en peso)*	*Agua útil*
A.G.	*A.F.*	*L.G.*	*L.F.*	*A*			
29	14	18	29	10	51,05	7,74	43,31

Roca madre = Gabros.
Tipo de arcilla = caolinita, vermiculita (xx), illita (x), clorita (t).

TABLA 3

PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO

Indices de Atterberg			*Test Proctor*	
Lim. Liqu.	*Lim. Pl.*	*Ind.*	*Δed*	*$\Delta \rho d/\Delta W$*
43,34	37,34	6,00	0,1245	$4{,}98 \times 10^{-3}$

TABLA 4

PRESIONES APLICADAS A LOS SUELOS Y DENSIDADES APARENTES Y POROSIDADES TOTALES RESULTANTES, EN LAS DOS SERIES DE ENSAYOS

Presión (KPa)	*Serie de L. perenne*			*Serie de T. repens*		
	N.°	*Da(gr./cc.)*	*Pt (%)*	*N.°*	*Da(gr./cc.)*	*Pt (%)*
0	1	1,11	57,85	6	1,10	58,30
290	2	1,17	55,92	7	1,20	54,73
580	3	1,30	51,43	8	1,30	51,43
1.150	4	1,37	48,12	9	1,37	48,12
2.310	5	1,48	44,45	10	1,50	43,39

útil del suelo, con lo que se facilitaba el enraizamiento. Posteriormente los ciclos se redujeron a períodos de siete días en los que el contenido de humedad no desciende del 50 por 100 de valor de agua útil.

Para homogeneizar los resultados, a los veinte días de la siembra, se igualó el número de pies de planta en cada recipiente (35 de *Lolium* y 25 de *Trifolium*). Del *Lolium* se realizaron cuatro cortes, y del *Trifolium* tres, secando a 105° C y pesando posteriormente el material cortado. Al final de la experiencia, que totalizó un período de seis meses, se separó el sistema radical de cada recipiente, se lavó y se secó.

Durante la experiencia se controló el contenido de humedad del suelo, así como la permeabilidad al aire del mismo, que fue medida con un gasómetro análogo al descrito por TANNER y WENGEL, 1957. La resistencia a la penetración del suelo se midió con un micropenetrómetro de pequeño tamaño (1 mm. de diámetro) de tipo dinámico, con el que se pudo simular mejor la influencia de esta propiedad sobre el desarrollo radical (KAY y GRANT, 1984).

Resultados

Antes de realizar el primer corte, se efectuaron algunos controles en la precocidad del crecimiento, y así, la altura media del *Lolium* (Tabla 5) reflejaba claramen-

TABLA 5

ALTURA MEDIA DEL «LOLIUM PERENNE» Y NUMERO DE PIES CON MAS DE CUATRO HOJAS TRIFOLIADAS EN EL «TRIFOLIUM REPENS», ANTES DE REALIZAR LOS PRIMEROS CORTES

Lolium perenne *(altura media, en cm.)*						Trifolium repens *(pies con >4 h. trif.)*					
Días post. a la siembra	*Tratamiento*					*Días post. a la siembra*	*Tratamiento*				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*		*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
40	11,5	11,5	8,5	6,5	0,5	90	15	5	3	2	10
54	17,5	18,5	18,0	14,0	12,5	97	22	15	7	4	0
						109	20	14	6	2	1

te, como a partir de la densidad de suelo de 1,30 existía ya un claro retraso en el crecimiento, que catorce días más tarde sólo se manifestaba ya a partir de la densidad de 1,37. En el trébol, de acuerdo con GRANDE *et al.*, 1981, se utilizó como criterio de crecimiento, el número de pies con más de cuatro hojas trifoliadas, encontrándose que en este caso, entre los noventa y los ciento nueve días después de la siembra, con una densidad de 1,20 existía ya un retraso claro en el crecimiento (Tabla 5), aun cuando con el tiempo se manifestaba una tendencia a reducir la diferencia entre los dos primeros tratamientos.

Los primeros cortes se dieron en el *Lolium* a los cincuenta y cinco días de la siembra y en el trébol a los ciento diecinueve, realizándose después tres cortes más en la primera especie, y dos más en la segunda.

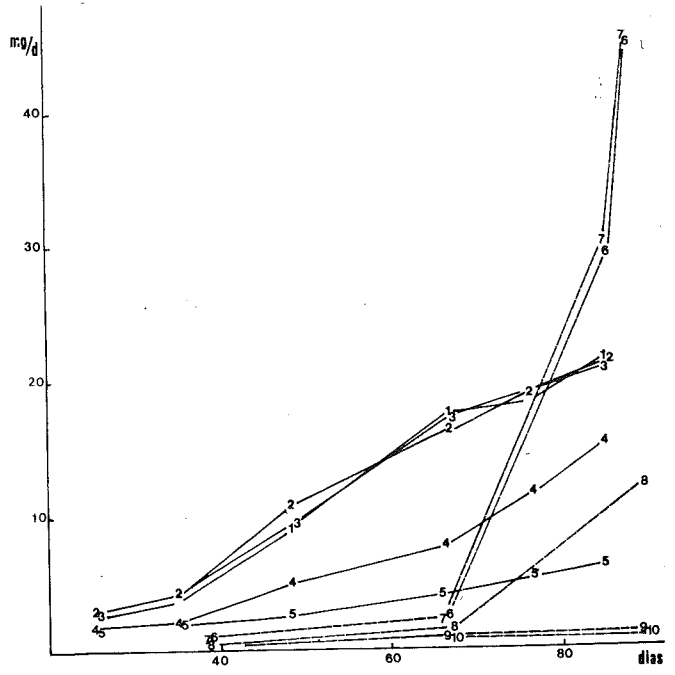


FIG. 1.—*Velocidad de crecimiento (en mgr./día) del* Lolium perenne *y* Trifolium repens *a distintos niveles de compactación del suelo.*

Durante ese tiempo, la velocidad de crecimiento del *Lolium* (Fig. 1) fue prácticamente igual después de los primeros sesenta días, en los tratamientos con densidades del suelo iguales o inferiores a 1,30, reduciéndose sensiblemente dicha velocidad en las densidades mayores. El tratamiento 4, con una densidad de 1,37, manifiesta, sin embargo, una recuperación al final del período de ensayo. En el trébol, una vez que se inicia el crecimiento, no existen diferencias en las velocidades de las dos primeras macetas, pero a partir de la densidad de 1,30, la velocidad se reduce de forma importante, y en las dos últimas, con densidades superiores a 1,37, prácticamente no hay crecimiento.

Cuando se analiza finalmente la producción total (Fig. 2), se encuentra como en el *Lolium* la depresión en la producción se produce a partir de la densidad de 1,37, con una depresión máxima, que llega al 30 por 100 del valor óptimo con la densidad de 1,48. Por otro lado, aunque con escasa significación estadística, parece observarse un cierto efecto favorable con una compactación ligera del suelo (tratamiento 2).

En el trébol la reducción en la producción es muy acusada, ya con densidades de 1,30, y prácticamente es

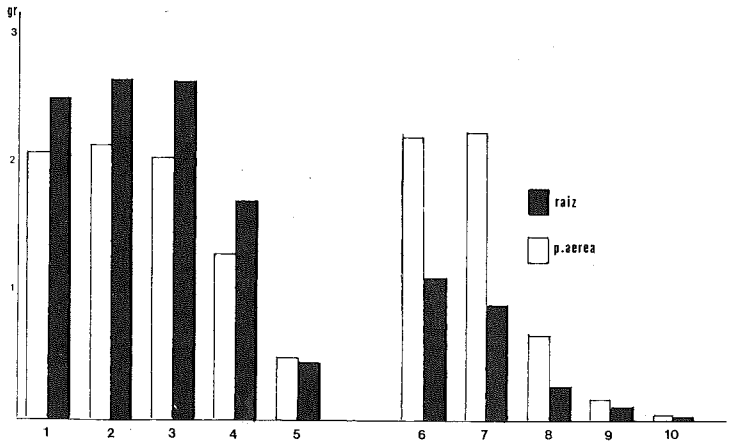


FIG. 2.—*Producción total (en gramos) de la parte aérea y el sistema radical de* Lolium perenne *y* Trifolium repens *en suelos de distinto grado de compactación.*

nula la producción, en los dos últimos tratamientos, con densidades de 1,37 y 1,50, respectivamente.

Cuando se considera el peso del sistema radical, se encuentra, como era de esperar, una fuerte correlación con el de las partes aéreas, con un valor superior a las mismas en el caso del *Lolium,* e inferior en el del *Trifolium.* Las fotos de la Figura 3 muestran claramente cómo el conjunto de las partes aérea y subterránea de las dos especies, acusan el efecto depresivo de la compactación del suelo, siendo mucho más sensible al mismo el *Trifolium,* que llega a anular prácticamente su crecimiento con densidades moderadamente altas, como serían las superiores a 1,37.

De forma complementaria se estudió la evolución con la compactación de las propiedades del suelo que

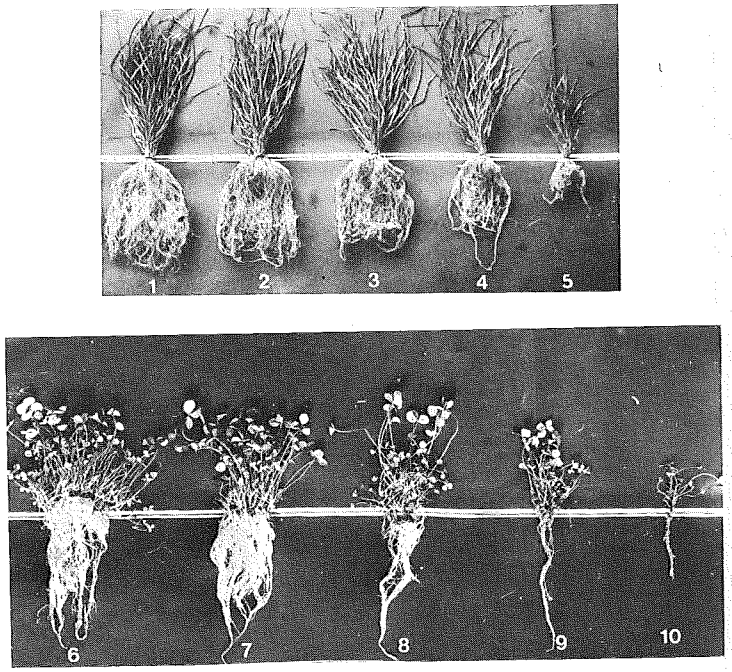


FIG. 3.—*Parte aérea y sistema radical de las plantas de* Lolium perenne *y* Trifolium repens *que se desarrollan en suelos con distinto grado de compactación.*

pudieran tener alguna influencia sobre su rendimiento. Y así, en relación con el contenido en agua útil del suelo, que inicialmente presentaba el valor de 43,31 gr./gr., su evolución probable de acuerdo con KUZNETSOVA *et al.,* 1982, sería la de un ligero incremento hasta las densidades intermedias (de 1, 2 a 1, 3) decreciendo después progresivamente a medida que aumentaba la compactación, por lo que en principio no debería considerarse como un factor limitante de la producción, salvo en densidades muy altas.

El espacio poroso responsable de la aireación del suelo, en cambio sí que debe reducirse de forma considerable con la compactación. Una forma de poner en evidencia los efectos de este factor sobre el suelo es la medida de la permeabilidad al aire del mismo. Como esta propiedad va a estar muy condicionada por el contenido en agua del espacio poroso, se midió a distintos niveles de humedad del suelo. Los resultados recogidos en la Figura 4, muestran cómo la permeabilidad descien-

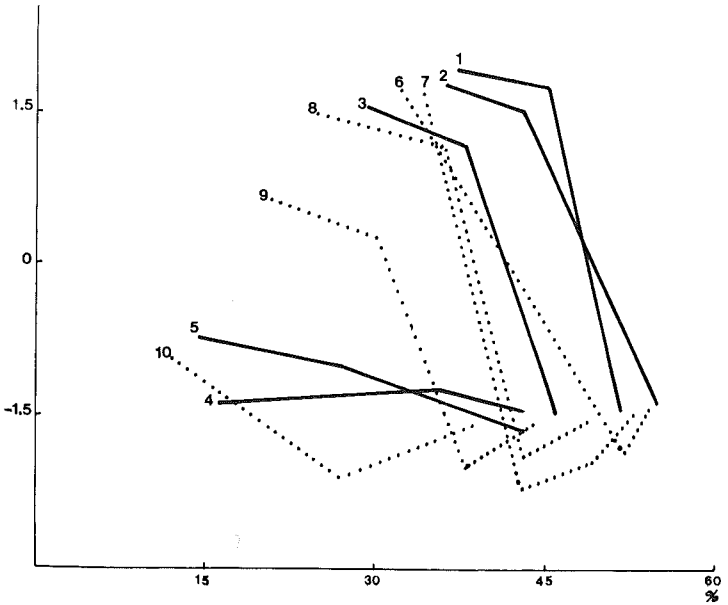


FIG. 4.—*Permeabilidad al aire (log) en relación con el contenido de humedad (gr./gr.) del suelo.*

de bruscamente cuando la humedad sobrepasa valores de 40 por 100 gr./gr. para los tres primeros tratamientos, en cambio para los dos últimos (densidad $\geq$ 1,37) existe ya una baja permeabilidad al aire, incluso en condiciones de sequedad del suelo. Existe una cierta diferenica en la relación permeabilidad-humedad para la densidad de 1,37, no pudiendo ser explicada fácilmente si no se recurre a suponerla motivada por la variabilidad del suelo, o con la formación de alguna grieta aleatoria en el proceso de secado del suelo.

La resistencia a la penetración de las raíces se midió con un micropenetrómetro a distintos niveles de humedad y entre los días cincuenta y cinco y setenta y uno posteriores a la siembra, encontrándose los resultados recogidos en la Tabla 6. Las tres medidas consideradas se pudieron relacionar mediante un nomograma (Fig. 5) con el que se obtuvo un buen ajuste entre los datos reales y los teóricos ($R^2 = 0,973$) y en él se representan claramente las relaciones que se establecen entre la resistencia, la humedad y el grado de compactación del suelo expresado por su densidad aparente.

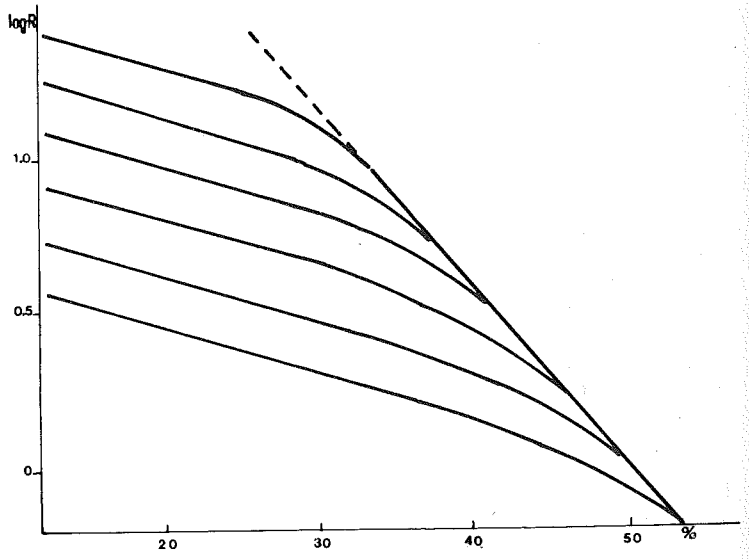


FIG. 5.—*Relación entre el contenido en agua del suelo (gr./gr.) y su resistencia mecánica (log MPa) para distintos valores de densidad aparente.*

TABLA 6

VALORES DE LA RESISTENCIA MECANICA DEL SUELO (en MPa) A DISTINTOS NIVELES DE HUMEDAD (gr./gr.)

Tratamiento	*11-2-85*		*15-2-85*		*20-2-85*		*27-2-85*	
	log R	*% H*	*log R*	*% H*	*log R*	*% H*	*log R*	*% H*
1	−0,11	49,66	0,18	43,33	0,41	33,66	0,71	20,22
2	−0,02	50,00	0,31	43,88	0,55	33,33	0,80	18,88
3	0,23	43,88	0,71	37,55	0,80	27,55	0,94	14,22
4	0,53	42,66	0,84	36,22	0,87	26,88	1,03	16,22
5	0,94	33,63	1,08	29,51	1,19	23,16	1,29	15,69
6	−0,14	53,44	0,03	47,33	0,31	40,44	0,52	27,55
7	−0,048	51,11	0,12	46,55	0,35	40,22	0,59	29,11
8	0,26	44,88	0,59	40,77	0,70	35,11	0,87	22,22
9	0,64	39,55	0,97	36,00	1,01	31,55	1,15	19,55
10	1,02	32,13	1,11	29,39	1,21	23,71	1,32	12,78

Antes de levantar la experiencia, entre los ciento cincuenta y ocho y ciento sesenta y nueve días de la siembra, se realizó otra medida de la resistencia a la peneración en dos zonas de la superficie del suelo: una externa sin pies de planta en ella, y poco afectada por lo tanto por su crecimiento, y otra interna situada en la zona de máxima implantación. Los resultados que se presentan en la Figura 6 son sensiblemente diferentes a los de la primera medida, encontrándose en todos los casos valores de resistencia superior en el área exterior a la zona de implantación, que en el interior de la misma. Por otro lado, esta diferencia, tal como se aprecia en la Figura, es más acusada en los niveles de compactación intermedios que en los bajos o altos, y dentro de las especies, es la de los suelos con *Lolium,* la que acusa una mayor diferencia entre las medidas realizadas al comienzo del crecimiento, y en el momento de levantar la experiencia.

Discusión

Aun cuando las presiones aplicadas en superficie a los suelos exceden bastante de las que ejercen las pezuñas de los rumiantes, la compactación media resultante en la masa total del suelo, caracterizada a partir de su densidad aparente, se encuentra dentro de unos valores que pueden encontrarse en los horizontes B o C de muchos suelos gallegos, o bien en muchos horizontes superficiales compactados (BARNES *et al.*, 1971) por lo que esta experiencia podría representar condiciones perfectamente extrapolables al medio natural.

Los resultados, por otra parte, nos demuestran que con una compactación ligera (igual o menor a 1,20) no sólo no existe una respuesta negativa en la producción, sino que incluso parecen observarse ligeros efectos beneficiosos sobre la misma, posiblemente ligados a un

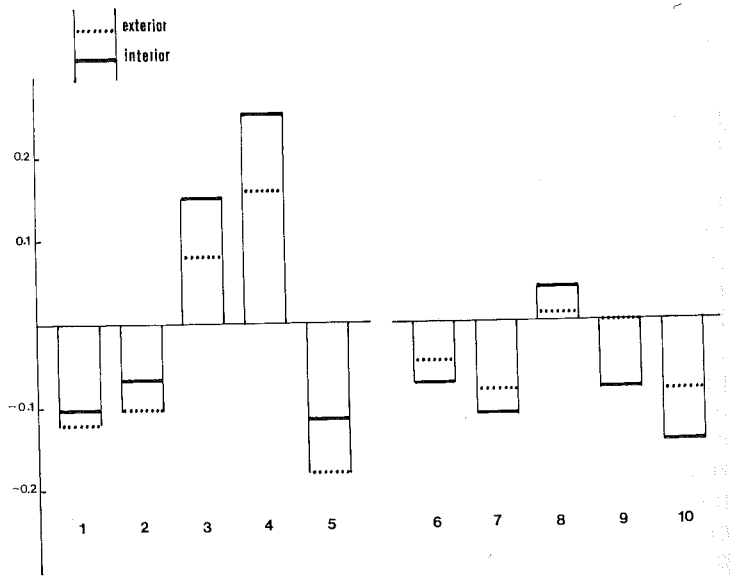


FIG. 6.—*Diferencia entre la resistencia mecánica del suelo (en log MPa) a los 55-71 días y 158-169 días. Se indican los valores medidos en el interior de la zona de máxima implantación y en la exterior a la misma.*

incremento en el agua útil del suelo. Con densidades mayores se manifiesta ya un efecto claramente negativo sobre la producción, sobre todo en el caso del *Trifolium* donde con densidades $\geq$ a 1,37 prácticamente se detiene el crecimiento de la planta. Con el *Lolium*, además de encontrarse una respuesta más favorable, se aprecia un efecto de «aflojamiento» del suelo en los grados intermedios de compactación, como consecuencia del crecimiento de la planta, y que es lo que justificaría la recuperación en la velocidad de crecimiento de la densidad 1,37 del *Lolium* (Fig. 1) efecto que ya no se manifestaría a densidades mayores por la doble influencia de la mayor resistencia del suelo y el menor crecimiento de la planta.

Las propiedades del suelo que deberían influir como limitantes de la producción bajo condiciones de compactación serían la resistencia del suelo y la permeabilidad al aire. No existe, sin embargo, acuerdo generali-

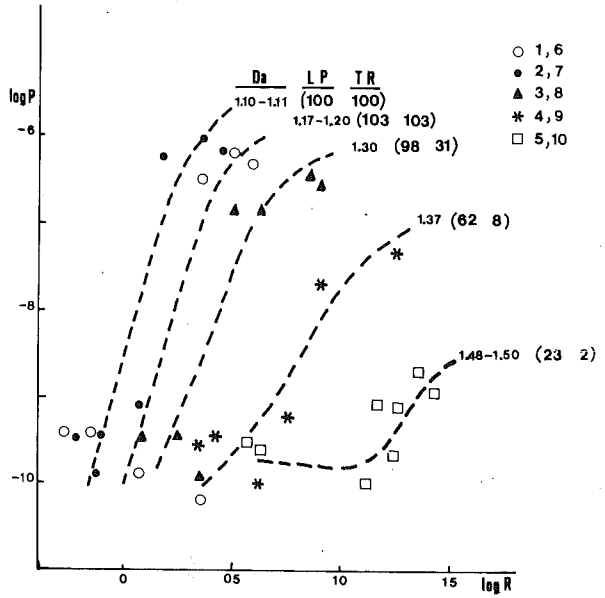


FIG. 7.—*Relación entre la permeabilidad al aire (log) y la resistencia mecánica (log MPa) para distintos niveles de compactación del suelo. Se indica la producción de las partes aéreas de las dos especies en % sobre el valor con las menores densidades.*

zado sobre la importancia relativa de ambas propiedades, y así para TROUESE, 1971, O'CONNELL, 1975, sería el descenso de la permeabilidad al aire, estableciendo en 0,05 μ^2 de permeabilidad, o de 10 por 100 de capacidad de aireación del suelo, los límites críticos para el desarrollo radical. Otros autores como TAYLOR, 1969, consideran la resistencia mecánica del suelo el factor limitante primordial, estableciendo determinados valores críticos de resistencia como el de 2 MPa propuesto por STEPNIEWSKI, 1981, que de todas formas serían difícilmente extrapolables a otros tipos de parámetros(*). En nuestro caso se representaron los valores de permealibilidad y resistencia conjuntamente para los diferentes niveles de compactación (Fig. 7) observándose que si se admite como permeabilidad limitante la de 0,05 μ^2 ésta, sólo se da de forma predominante en las densidades de 1,48-150, en cambio los valores de resistencia parecen estar más relacionados con las respuestas de la planta sobre todo en el caso del *Trifolium*, por lo que en principio, podría considerarse éste como el factor limitante fundamental en esta experiencia.

Bibliografía

BARNES, K. K., *et al.* (1971). *Compaction of Agricultural Soils.* ASAE Monogr. Michigan.

BRYANT, H. T., *et al.* (1972). «Effect of trampling by cattle on bluegrass yield and soil compaction of a Meadowville loam». *Agron. J.*, 64: 331.

DEMANGEOT, J. (1951). «Observation sur les "sols en gradins" de l'Apennin Central». *Rev. Geomorph. Dynam.*, 2: 110-119.

DIAZ-FIERROS, F., y GUITIAN OJEA, F. (1968). «Propiedades físicas de los principales tipos de suelos gallegos». *Anal. Edaf.*, 27: 533-546.

EDMOND, D. B. (1964). «Some effects of sheep treading on the growth of 10 pasture species». *New Zealand J. Agr. Res.*, 7: 1-16.

FEDERER, C. A., *et al.* (1959). «Pasture soil compaction by animal traffic». *Agron. J.*, 53: 53-54.

* La relación de los valores medidos con el penetrómetro de esta experiencia y el que utilizó Gooderham y Fisher, 1975, de tipo estático, son de 0,57 para 12 por 100 de humedad, 0,24 para 21 por 100 y de 0,13 para 27 por 100.

GARCIA PITA, M. C. (1985). *Iniciación al estudio de la compactación en los suelos gallegos.* Tesina Fac. Farmacia. Santiago.

GOODERHAM, P. T., y FISHER, N. M. (1975). «Experiments to determine the effect of induced soil compaction on soil physical conditions, seedling root growth and crop yield», en *Soil Physical Conditions and Crop Production.* MAFF. Londres.

GRADWELL, M. W. (1968). «Compaction of pasture topsoils under winter grazing», en *Proc. 9th Int. Conf. Soil Sci.*, 4: 429-435. Adelaida.

GRANDE LOSADA y BORRALLO BENITEZ (1981). «Influencia de la fecha de germinación sobre el desarrollo fisiológico del trébol comportement d'un sol au compactage. I. Etude statistique».

GUERIF, J., y FAURE, A. (1979). «Rôle de la matière organique sur le comportement d'un sol au compactage. I. Etude stadistinque». *Ann. Agron.*, 30: 387-399.

HIGGINS, C. G. (1982). «Grazing-step terracettes and their significance». *Z. Geomorph. N. F.*, 26, 4: 459-472.

GROENEVELT, P. H.; KAY, B. D., y GRANT, C. D. (1984). «Physical assesment of a soil with respect to rooting potential». *Geoderma*, 34: 101-114.

KUZNETSOVA, I. V., y VINOGRADOVA, G. B. (1982). «Wilting moisture of plants in compacted soil horizons». *Soc. Soil Scl.*, 5: 112-119.

LAGOKI, H. F. (1978). «Surface soil stability as defined and controlled by a drainage criterion», en *Modification of Soil Structure* eds. EMERSON *et al.*, pp. 233-237. Wiley and Sons. Chichester.

LULL, H. W. (1959). «Soil compaction on forest and rangelands». *For. Serv. US Dep. Agric. Misc. Pub.*, 768.

MEYNER, A. (1951). «Pieds de vache et terrasetes». *Rev. Geomorph. Dynam.*, 2: 81-83.

MULLEN, G. J., *et al.* (1974). «Effects of animal treading on soil properties and pasture production». *Ir. J. Agr. Res.*, 13: 171-180.

O'CONNELL, D. J. (1975). «The measurement of apparent specific gravity of soils, its relationships to mechanical composition and root growth», en *Soil Physical Conditions and Crop Production.* MAFF. Londres.

RAHM, D. A. (1962). «The terracette Problem». *Northwest Science*, 36: 65-80.

SPEDDING, C. R. (1979). *Ecología de los sistemas agrícolas.* Ed. Blume. Madrid.

SEMAKULA, J. (1982). «A comparative study of hoof pressures of wild and domestic ungulates». *Afr. J. Ecol.*, 21: 325-328.

STEPNIEWSKI, W. (1981). «Oxygen diffusion and strength as related to soil compaction. IV. Choice of optimeum parameters». *Pol. J. Soil Scl.*, XIV, 2: 89-95.

TANNER, C., y MAMARIL, C. P. (1959). «Pasture soil compaction by animal trafic». *Agron. J.*, 51: 329-331.

TROUSE, A. C. (1971). «Effects of Soil Aeration on Plant Activites», en *Compaction of Agricultural Soils.* Eds. BARNES *et al.* ASAE. Michigan.
TOLLNER, E. W., *et al.* (1983). *Determining the effects of natural and traffic-induced soil compaction.* ASAE, pp. 83-1542.
WILLATT, S. T., y PULLAR, D. M. (1983). «Changes in Soil Physical Properties under Grazed Pastures». *Aust. J. Soil Res.*, 22: 343-348.

Dinámica del fósforo en suelos de prado de Galicia

M. C. Trasar Cepeda, F. Gil Sotres y F. Guitián Ojea

Departamento de Edafología, Facultad de Farmacia. Santiago de Compostela

RESUMEN

Los suelos bajo prado presentan, en relación a suelos naturales bajo vegetación clímax de robledal, mayores contenidos de P orgánico e inorgánico. Mientras que la distribución porcentual del P orgánico no sufre modificación entre los dos tipos de vegetación, los prados incrementan la fracción no ocluida del P inorgánico, lo que se traduce en un aumento de la fertilidad inmediata y a plazo medio del P en dichos suelos.

El estudio estacional de la actividad fosfatasa ácida y de las fracciones de P inorgánico más lábiles a lo largo de un año, indica que en los suelos de prado dichas medidas varían en función de las condiciones climáticas que regulan el crecimiento vegetal, mientras que en los suelos de robledal están en relación con la caída de la hoja.

Dado que los suelos de prado presentan una mayor capacidad mineralizadora de P que los suelos de robledal, se concluye que para evitar una pérdida de la fertilidad a medio y largo plazo del P en los suelos de prado es necesaria la adición de fertilizantes orgánicos.

SUMMARY

Soils under meadow have more organic and inorganic P than natural soils under oakwood. The percentage distribution of organic P