

ALFALFA YIELD ON AN ANDOSOL IN SOUTHERN CHILE: EFFECTS OF TIMING
AND RATE OF LIMING AND LIME-PELLETING OF SEED¹ */

W. M. MURPHY**
O. ROMERO Y.**
L. E. BARBER**

Resumen

Problemas edáficos afectan la nodulación y el establecimiento de la alfalfa forrajera, de manera que sólo 2.500 ha de 2.7 millones de tierra cultivable en seis provincias del sur de Chile se siembran con este cultivo. Los suelos alofánicos Tremao (Andosol) podrían ser excelentes para el crecimiento de la alfalfa, excepto por su alto contenido en óxidos hidratados de hierro y aluminio y el alto contenido de aluminio libre. La fertilización con fósforo y el encalado no han dado resultados económicos. Este ensayo se efectuó para determinar si el recubrimiento de la semilla con cal o el enalamiento antes de la siembra mejoran la producción de alfalfa en un suelo alofánico.

Los rendimientos de forraje del tratamiento de recubrir la semilla con cal fueron iguales a las obtenidas con la aplicación de 2, 4, 6 y 8 t/cal/ha cuatro meses antes de la siembra. Los resultados indican que la alfalfa puede crecer bien en suelos alofánicos usando semilla recubierta con cal.

¹ Received for publication in June 10, 1982.

This research was supported in part by a grant under A.I.D. PASA AG/TAB 610-9-76 (USDA-SEA/CR 701-15-69). The first 2 years of this 3-year study were done while the first and third authors were at Oregon State Univ.

We wish to express our sincere appreciation to those who made this study possible, in particular to the administrators, researchers, and support personnel of the Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, especially at the Carillanca Experiment Station; to J. Burton and the Nitragin Company; and J. R. Davis and M. J. Johnson of Oregon State University; A. M. Smith and S. C. Wiggins of the University of Vermont; and L. R. Frederick of USAID for facilitating the research effort.

Special thanks go to Karen Hammond and Annette Jalbert for typing the several manuscript revisions.

We also would like to thank John Aleong, David Dugdale, and Diantha Howard for their help in the statistical analysis of these results.

* Journal Paper No. 490 of the Vermont Agricultural Experiment Station.

** Associate Professor of Agronomy, Department of Plant and Soil Science, University of Vermont, Burlington, VT 05405; ingeniero agrónomo, Estación Experimental Carillanca, Casilla 58-D, Temuco, Chile; and USDA research microbiologist, N. Carolina State Univ., Raleigh, NC 27650; respectively.

Introduction

Use of alfalfa (*Medicago sativa* L.) for forage is limited to only 2 500 of the 2.7 million hectares of arable land in six provinces of southern Chile because of soil problems (6). Consequently, livestock production is below potential.

The major soil groups in southern Chile are Red Clays and Trumaos, both Andosols. Red Clays are older, highly weathered, and usually fertile, but have poor physical properties because of their density and extreme expansion-contraction characteristics. Trumaos, in contrast, have problems characteristic of soils derived from volcanic ash (8). They are younger and composed of allophanes having good physical properties; however, they contain large amounts of iron and aluminum (Al) hydrous oxides and free Al, which result in a considerable ability to fix anions (nitrates, phosphates, sulfates) and in toxic effects on plants and soil bacteria. They are capable of fixing 17 400 to 19 400 kg P₂O₅/ha. The pH of cultivated Trumaos varies between 5.0 and 6.0 (1, 2, 9).

Several studies have been done in Chile to determine if liming and phosphorus (P) fertilization would improve nodulation and yield of legumes grown on Trumaos (4, 10). Although P fertilization reduced Al toxicity to forage legumes and increased the amount of available P in soils, yield increases were not great enough to offset costs of required fertilizer (7, 14). In one study with alfalfa, red clover (*Trifolium pratense* L.), subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.), and birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.), 1 000 kg P₂O₅/ha were needed to obtain significant yield responses, which continued to increase up to maximum applications of 10 000 kg P₂O₅/ha (5). Liming also increased legume yield somewhat, but economic analyses of trials showed that liming resulted in net losses for all rates applied (13).

One common aspect of these studies was that lime was applied only 1 to 2 weeks before seeding legumes. However, because lime reacts slowly in soils, it should be applied several months before seeding. This research was done to study the effects of liming at different rates and times, and of using lime-pelleted seed on yield of alfalfa grown on an Andosol.

Materials and methods

Rates of 2, 4, 6, and 8 tons lime/ha were rototilled into a Trumao-Red Clay transition soil on 9 January 1978 at the Carillanca Experiment Station, near Temuco (a strictly Trumao soil was unavailable on the Station). Just before seeding on 15 April 1978, treatments of 0.5 and 1 ton lime/ha were applied to previously unlimed plots and rototilled into the soil; the 0.5 ton lime/ha was applied to plots that would receive the lime-pelleted seed treatment. All plots were fertilized with 16 kg N/ha, 125 kg P₂O₅/ha, 50 kg K/ha, and 20 kg Borax/ha before seeding. A preemergence herbicide, Plenavin, was applied before seeding at 1.5 kg a.i./ha. All plots, including the 0-lime treatment, were rototilled twice.

Plots were 2 x 6 m, arranged in a randomized complete block design replicated three times. Nitrugin peat inoculant, containing the Balsac strain of *Rhizobium meliloti*, was used to inoculate seed of Alta Franconia alfalfa. Seeding rate was 15 kg/ha. A 4 m² (5 x 0.8 m) sample was taken from the middle of each plot to measure yield.

Seeds were pelleted by the following steps:

1. Dissolve 0.45 g Tilose (methyl cellulose) in 7.2 ml of hot water.
2. Add 3.6 ml cold water; mix.

3. Stir in 3.1 g peat inoculant.

4. Mix in 54 g of seed.

5. Add 26.6 g CaCO₃; mix.

6. Add 7.2 g more CaCO₃ to completely coat and dry pellets.

The soil was analyzed by standard methods (4) in the Soil Testing Laboratory of the Carillanca Experiment Station. Soil pH was determined on 1:2.5, soil: water suspensions. Aluminum was extracted with ammonium acetate (pH 4.8).

Results and discussion

Table 1 presents the results of annual analyses for soil pH and extractable Al for each treatment plot. The December 1978 analysis shows that soil pH rose only slightly on the plots that had received 6 or 8 tons lime/ha, 11 months before the soils were sampled for analysis. Soil pH of plots receiving 2 or 4 tons lime/ha had not changed. Compared to the 0-lime at planting in April, extractable Al decreased on plots that were limed in January.

Results of the December 1979 soil analyses were very disconcerting. Although extractable Al had decreased in expected amounts, soil pH had also decreased 0.3 – 0.4 units on all treatments during the year.

The uniform decreases in soil pH across all treatments may simply have been caused by variation in the water method used to determine Ph. Or it may have resulted from acidity produced by nitrogen (N) fixation of the alfalfa. The N fixation from an alfalfa yield of 10 t/ha may produce acidity in the soil equivalent to 600 kg CaCO₃/ha (12). Andosols in southern Chile likely are poorly buffered against a drop in soil pH, but well buffered against an increase in soil pH. The buffering against a rise in soil pH was well illustrated by the lack of response to the high rates of lime applied in this experiment.

The decreases in extractable Al on all treatments observed in December 1979 probably occurred for two reasons. First, rototilling aerated the soil, resulting in organic matter decomposition. Small molecular-weight, Al-organic matter complexes released by decomposition could have been leached from the surface horizon. This could explain the decrease on the 0-lime treatment. Similar amounts of Al-organic matter complexes probably were leached from the other treatments. Second, the additional decrease in

Table 1. Effects of liming rate, time of liming before seeding, and lime pelleting of seed on pH and aluminum (Al) levels of soil in alfalfa field plots at the Carillanca Experiment Station, Temuco, Chile.

Treatment	Sample date			
	December 1978		December 1979	
	pH	Al	pH	Al
0 lime	5.4	598	5.1	522
1 t lime/ha at seedling ¹	5.5	602	5.2	448
Lime-pelleted seed + 0.5 t lime/ha at seeding	5.5	606	5.2	462
2 t lime/ha ²	5.4	580	5.0	352
4 t lime/ha	5.4	558	5.0	378
6 t lime/ha	5.8	527	5.4	347
8 t lime/ha	5.7	531	5.4	338

1 Seeded 15 April 1978.

2 Liming rates of 2, 4, 6, and 8 t/ha were applied on 9 January 1978.

Table 2. Effects of liming rate, time of liming before seeding, and lime pelleting of seed on dry forage (DF) yields of *Alta Franconia* alfalfa grown in field plots at the Carillanca Experiment Station, Temuco, Chile. Seeded 15 April 1978.

Treatment	Sample date						Total
	19/12/78	1/2/79	5/4/79	11/12/79	18/1/80	24/3/80	
	DF, kg/ha						
0 lime	486	942	680	3 944	2 030	1 937	10 019 c ²
1 t lime/ha at seeding	171	886	940	4 335	2 968	2 234	11 534 c
Lime-pelleted seed + 0.5 t lime/ha at seeding	1 085	2 280	1 356	4 572	4 289	2 926	16 568 ab
2 t lime/ha ¹	269	1 420	1 325	4 372	3 372	2 682	13 440 bc
4 t lime/ha	1 061	1 653	1 352	4 452	3 684	3 037	15 239 ab
6 t lime/ha	463	2 230	1 696	4 700	4 178	3 330	16 597 ab
8 t lime/ha	497	1 999	2 075	4 213	4 774	3 401	16 959 ab

1 2, 4, 6, and 8 t lime/ha were applied 9 January 1978.

2 Means within the total yield column not followed by the same letter are significantly different at the 5 percent level by Duncan's New Multiple Range Test.

extractable Al on the limed treatments could be accounted for by the amounts of Al displaced from exchange sites by calcium in the lime and leached from the surface horizon.

Table 2 shows that total forage yield of alfalfa grown from lime-pelleted seed, plus 0.5 ton lime/ha at seeding, equalled those of alfalfa grown on soil receiving 2, 4, 6, or 8 ton lime/ha 4 months before seeding. Although the soil pH was much lower than what usually is thought adequate for alfalfa growth, the alfalfa grew well under these treatments. Unlimed plots or those that received 1 ton lime/ha at seeding, however, had sparse, weedy stands of alfalfa.

Positive effects of the lime pelleting treatment were consistent throughout the experiment. Nodulation of plants observed 15 November 1978 and 17 January 1979 (not shown) indicated that seed pelleted with lime resulted in more effective nodulation during the establishment year than did lime applied to the soil. These results agreed with Norris' (11) conclusions in Australia that small amounts of lime near seedlings may achieve the same results as heavy applications of lime on some soils.

Summary

Soil problems affecting alfalfa nodulation and establishment limit alfalfa's use for forage production to only 2 500 of the 2 7 million hectares of arable land in six provinces of southern Chile. Trumao (Andosol) allophane soils would be excellent for growing alfalfa except for the large amounts of iron and aluminum (Al) hydrous oxides and free Al that they contain. Fertilizing with phosphorus and liming have not given economical results. This research was done to determine if lime pelleting seed or liming well before seeding would enable alfalfa to be produced on an allophane soil. Forage yields from the lime-pelleted seed treatment equalled those from plots receiving 2, 4, 6, or 8 tons lime/ha, 4 months before seeding. The results indicate that alfalfa can grow well on an allophane soil by using lime-pelleted seed.

Literature cited

1. BESOAIN, M., E. Suelos chilenos derivados de cenizas volcánicas. Naturaleza de las arcillas. In Mesa Redonda de Suelos Volcánicos. Santiago, Sociedad Agronómica de Chile. Spec. Pub. no. 1. 1964.
2. BINSACK S., R. Problemas de la fertilidad de suelos en el sur de Chile. In Mesa Redonda de Suelos Volcánicos. Santiago, Sociedad

Agronómica de Chile. Spec. Pub. no. 1. 1964.

3. LACK, C. A. (Editor-in-chief). Methods of soil analysis. Part 2. Madison, American Society of Agronomy, 1965.
4. CERVINO A., D. Ensayos de abonos en alfalfa, zona Chillán-Osorno. Santiago, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Mimeo. 1962. 3 p
5. CORREA C., M. Efecto de fertilización fosfórica sobre la fijación simbiótica del nitrógeno en alfalfa, lotera, trébol rosado y trébol subterráneo. Tesis. Concepción, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, 1966. 72 p.
6. CORREA B., C. La alfalfa. In El Campesino. Santiago, Sociedad Nacional de Agricultura, 1972
7. GOIC K., P. Contenido y fracciones de fósforo en muestras de suelos procedentes de alfalfares chilenos. Tesis. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, 1962. 243 p.
8. ISHIZUKA, Y., and BLACK, C. A., eds. Soils derived from volcanic ash in Japan. México, CYMMYT, 1977.
9. JARA DE LA MAZA, F. La fijación de fósforo en los suelos Trumao de Chile y la respuesta a la fertilización fosfatada, en remolacha azucarera (*Beta vulgaris*). In Mesa Redonda de Suelos Volcánicos, Santiago, Sociedad Agronómica de Chile. Spec. Pub. no. 1. 1964.
10. LONGERI, L., and CORREA, M. Estudio de algunos factores que afectan la fijación simbiótica del nitrógeno en *Trifolium* sp. Santiago, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias Mimeo. 1972.
11. NORRIS, D. O. The intelligent use of inoculants and lime pelleting for tropical legumes. Tropical Grasslands 1:107-121. 1967.
12. NYATSANGA, T., and PIERRE, W. H. Effect of nitrogen fixation by legumes on soil acidity. Agronomy Journal. 65:936-940. 1973.
13. URBINA, A. Interacción calcio-fósforo en suelos de cenizas volcánicas. In Mesa Redonda de

Suelos Volcánicos, Santiago, Sociedad Agronómica de Chile. Spec. Pub. no. 1. 1964.

14. URBINA, A. Relaciones entre algunas caracteris-

ticas físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas. In Mesa Redonda de Suelos Volcánicos, Santiago, Sociedad Agronómica de Chile. Spec. Pub. no. 1. 1964.

Notas y comentarios

Premio Nobel de Economía de 1983

El ganador este año del Premio Nobel de Economía, el Profesor Gerard Debreu, de la Universidad de California, difiere de tales ganadores anteriores como los profesores Milton Friedman y James Tobin. Ellos debaten vigorosamente la política económica. Debreu ha permanecido fiel a la teoría pura, dedicado a explorar las propiedades lógicas de los modelos económicos abstractos.

Su preeminente trabajo, "Teoría del valor: un análisis axiomático del equilibrio económico", fue publicado hace ya más de un cuarto de siglo. Con sólo 102 páginas, es una de las más cortas y grandes obras sobre economía . . . y una de las de más difícil lectura.

Antes de "Teoría del Valor", una de las presunciones más vitales de la teoría económica tenía que aceptarse con fe: que un mercado en el que los bienes son cambiados entre productores y consumidores se consolida en un estado de equilibrio estable de precios y cantidades; en una palabra, que la oferta y demanda funcionan. Observaciones superficiales sugerían que así era. Pero antes del trabajo de Debreu (y de Kenneth Darrow y Frank Hahn), este resultado no podía deducirse de la teoría económica.

¿Importa mucho que no pudiese ser deducido? Para los hombres prácticos, probablemente no. El exceso de matemáticas, que domina actualmente las principales revistas académicas de economía, ha sido criticado por varios prominentes economistas. Wassily Leontief (Nobel 1973), en una carta a *Science*, a mediados de 1982, habla de la enfermedad matemática que ha atrofiado a muchos economistas académicos: "Página tras página de las revistas académicas de economía están llenas de fórmulas matemáticas que conducen al lector, desde un conjunto de suposiciones más o menos plausibles pero enteramente arbitrarias, hasta conclusiones presentadas con precisión pero no pertinentes". Leontief clasificó los artículos publica-

dos por *American Economic Review* en la década pasada y comprobó, entre otras cosas, que en 1977-81, el 54 por ciento de los trabajos publicados trataban de modelos matemáticos sin ningún dato real. En este tipo de trabajo, como lo expone bien Leontief, las suposiciones determinan los resultados. Los artículos de este tipo predominante son producidos por economistas académicos con la mirada puesta en su promoción y posición social (*status*) y no nos dicen nada sobre los economistas en servicios públicos y en empresas privadas.

Los personeros del premio Nobel dicen que los modelos de predicción económica usados por organismos como el Banco Mundial están basados en el trabajo de Debreu. Esto, según *The Economist* (22-X-83, p. 77), es un poco traído de los cabellos. Los modelos de equilibrio que usa el Banco Mundial están basados en técnicas desarrolladas por León Walras en el siglo pasado. Sus pronosticadores no necesitaron pruebas de existencia y estabilidad para aplicarlos. La revolución Keynesiana antecedió a "Teoría del Valor", y las teorías clásicas que están ahora de moda son todavía más antiguas.

El gran logro de Debreu fue de desarrollar un conjunto de condiciones bajo las cuales podría existir un mercado perfecto. La falla está en que estas condiciones no se encuentran en la realidad. Todavía no se ha derivado un conjunto razonablemente realista. Como manifiesta en su carta mencionada, Leontief trabaja ahora más con ingenieros, sicólogos y otros científicos que con economistas, "porque ellos saben cómo funciona el mundo real". Mientras tanto, en el mundo real, el monetarismo sigue marchando.

Quizás el premio a Debreu estimule más trabajos en este campo. La investigación pura puede dar resultados inesperados mucho tiempo después de realizada. La teoría económica no describe la realidad. Su propósito es iluminar la realidad y esto involucra abstraerse de los detalles de casos particulares para intentar establecer principios básicos. El razonamiento matemático es más preciso y significativo que el razonamiento verbal, particularmente cuando hay preocupación sobre cuáles suposiciones de la realidad son necesarias y cuáles son suficientes. Adalberto Gorbitz

Reseña de libros

VAN DEN BOSCH, R., MESSENGER, P. S. y GUTIERREZ, A. P. An introduction to biological control. Nueva York, Plenum Press. 1982. 247 p.

Aunque Gutiérrez propone incluir los hallazgos de investigaciones posteriores a 1973, en el texto que apareció por primera vez en dicho año y cuyos autores, los fallecidos Drs van den Bosch y Messenger, se habían escritos, con la adición de secciones de control microbial, la dinámica de poblaciones, el manejo integrado de plagas, y la economía, no resulta más que una reseña de proyectos clásicos del control biológico, mayormente con ejemplos de California.

El libro trata de la naturaleza, las bases ecológicas, y la historia del control biológico; los enemigos naturales; el control microbial; los procedimientos; análisis de tablas de vida; factores que restrinjan el éxito del control biológico; control biológico natural y control integrado; análisis del control biológico clásico; otros tipos de plagas y métodos de control; economía; y el futuro. El texto contiene un índice, y una lista útil de las especies citadas en el texto. El glosario es el mismo de la edición de 1973, a pesar de que el texto incluye material nuevo.

Con la excepción de los capítulos nuevos, el libro es prácticamente el mismo que salió en 1973. Por ejemplo, una tabla que compara el control integrado y el control tradicional de las plagas del algodón no indica ningún cambio desde 1973, así como otra tabla de los éxitos de control biológico clásico que no registra ningún ejemplo posterior a 1973.

En el capítulo sobre el control biológico natural, la discusión acerca del control integrado no cabe, al igual que una descripción de tres páginas sobre la optimización económica. El capítulo sobre el análisis de las tablas de vida no da explicación suficiente sobre los factores claves, las acciones dependientes de densidad, y los modelos de poblaciones. Tampoco incluye citas a la literatura explícita que pueda orientar un alumno. Las fotografías son, generalmente, de una calidad inferior, y a menudo es imposible observar lo señalado en la captión. Algunas figuras tampoco demuestran lo que los autores sugieren.

Aunque el libro tiene como propósito proveer los elementos básicos del control biológico de las plagas

a estudiantes post-secundarios de agronomía, manejo de plagas y entomología, el libro es demasiado elemental para usar como un texto a tal nivel. Otros textos, por ejemplo *Theory and practice of biological control* por Huffaker y Messenger, son superiores al lograr este propósito. Por lo general, las secciones nuevas carecen de la claridad de la edición anterior. El libro puede servir como lectura suplementaria, o más bien, para informar personas ajenas del campo del control de las plagas, pero su utilidad a profesionales y estudiantes en el campo de control biológico es muy limitado.

HAROLD G. FOWLER
DEPARTMENT OF ENTOMOLOGY AND
NEMATOLOGY
UNIVERSITY OF FLORIDA
GAINESVILLE, FLORIDA 32611
EE.UU.

JOHRI, B. M. Experimental embryology of vascular plants. Springer Verlag New York. 1982. 685 p.

Tal y como lo especifica el prefacio el libro tiene un nivel adecuado para estudiantes graduados. Se nota en muchos de los capítulos una influencia muy marcada de la escuela hindú que se iniciara con Maheshwari.

Hay omisión de experiencias importantes realizadas en Europa y en los Estados Unidos y Canadá.

El hecho de que cada autor desarrolló libremente un tema, tiene como resultado el que haya duplicaciones en el texto e incluso contradicciones respecto a determinados puntos de vista.

No comparto algunos de los puntos de vista expuestos en determinados capítulos, aunque comprendo que los autores simplemente transcribieron lo obtenido de distintas referencias. En general es un texto introductorio que puede utilizarse acompañado de lecturas complementarias en un curso de nivel graduado.

EUGENIA Ma. FLORES
ESCUELA DE BIOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA