

Nutrición mineral de *Trifolium subterraneum* L. var. Tallarook. I. Distribución y evolución del contenido de calcio y magnesio

TERESITA GONZÁLEZ CARREÑO y FRANCISCO DUQUE MACÍAS
Centro de Edafología y Biología Aplicada (C.S.I.C.). Salamanca

RESUMEN

Se estudia la distribución y evolución del contenido del calcio y magnesio en Trifolium subterraneum L. var. Tallarook. Las plantas crecieron en invernadero, en macetas provistas de disolución nutritiva completa. Las muestras se tomaron cada diez días en el periodo comprendido entre el 27 de marzo y el 14 de julio de 1971, desglosándose en tallos, pedúnculos más trifolios, zona apical de crecimiento, pedúnculos más frutos y raíz.

Las plantas presentan las menores concentraciones en ambos elementos durante la floración. El comportamiento de calcio y magnesio es similar en los distintos órganos de la planta, a excepción de pedúnculos más frutos, en que es inverso. La proporción Ca/Mg es prácticamente constante en todo el ciclo, mientras que la relación Ca-Mg es lineal y descendente en el periodo vegetativo y de floración, y lineal ascendente en el de madurez. En los pedúnculos más frutos esta relación es lineal y descendente desde el principio. En las semillas, la relación Ca/Mg es inferior a la unidad.

En general, los tallos se comportan de modo similar a la planta entera.

El Trifolium subterraneum L. ha sido y es objeto de numerosos estudios en los más diversos aspectos. Es planta espontánea y ubicuista en nuestra provincia y por lo tanto factible de selección y mejora para su mayor aprovechamiento. Antes de abordar directamente su implantación nos ha parecido conveniente y necesario comenzar por el conocimiento de la distribución y evolución de los componentes minerales a lo largo de la vida de la planta por cuanto ello nos pueda servir de base para la mejor comprensión y solución

de problemas más específicos de implantación que a no dudar han de surgirnos. Este trabajo estudia el calcio y magnesio.

Son numerosos los autores que han estudiado la distribución de estos elementos minerales en las especies más diversas, así como su evolución con la madurez o estación (3, 4, 5, 19).

Con isótopos radiactivos ^{45}Ca y ^{28}Mg se han establecido diseños típicos de distribución en plantas creciendo en soluciones nutritivas de diversas concentraciones, así como su posible translocación en el floema (1, 2, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18).

Los síntomas de deficiencia de ambos elementos en plantas de *Trifolium subterraneum* L. de distintas variedades han sido estudiados por (9).

Sin embargo, no hemos encontrado ningún trabajo que, tratando específicamente la variedad Tallarook, estudie conjuntamente la distribución y evolución de estos elementos minerales a lo largo de la vida de la planta.

EXPERIMENTAL

Como planta testigo se utiliza *Trifolium subterraneum* L. var. Tallarook.

La experiencia se realizó en invernadero, en macetas, conteniendo cada una de ellas 4 Kg. de suelo. La siembra para semillero se realizó a primeros de noviembre de 1970, analizándose previamente el suelo y las semillas. A mediados de diciembre se hizo el trasplante (cuatro plantas por maceta) y a finales de marzo (día 27) se adicionó la disolución nutritiva recomendada por VAN SCHREVEN para *Trifolium subterraneum* L. consistente en las siguientes cantidades por maceta:

NO_3NH_4 0,058 g.; PO_4HCa 1,33 g.; $\text{PO}_4\text{HK}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 0,34 g.;

$\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,26 g.; ClNa 0,26 g.; $\text{Cl}_3\text{Fe} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,21 g.;

$\text{SO}_4\text{Mn} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0,10 mg.; $\text{B}_2\text{O}_3\text{Na}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 0,13 mg.; $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,13 mg.;

$\text{MoO}_4\text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,013 mg.; $\text{SO}_4\text{Zn} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,13 mg.; $\text{Cl}_2\text{Co} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,013 mg.

En esta disolución se ha introducido el NO_3NH_4 como fuente de nitrógeno en sustitución del inóculo de *Rhizobium* empleado por el autor.

Al abonar se hizo la primera toma de muestra, repitiéndose ésta cada 10 días hasta el final del ciclo de la planta. Las plantas se regaron siempre con agua destilada.

SUELO

Tierras pardas meridionales sobre neiss granítico con afloramientos rocosos. Las muestras se tomaron en la capa arable (0-25 cm.).

Los resultados de los análisis fueron los siguientes: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, 4,8; M.O., 2,91 %; C, 1,69 %; nitrógeno total, 0,143 %; C/N, 11,7;

CaO, 63 mg/100 g. (extraíble con el reactivo Morgan); P_2O_5 , 3 mg./100 g. (extraíble con el reactivo Burriel-Hernando); K_2O , 21 mg/100 g. (extraíble con acetato amónico normal); MgO total, 225 mg/100 g.; Na_2O , 28 mg/100 g.; Fe total, 3.750 ppm; Mn total, 960 ppm; Cu total, 7,5 ppm; Zn total, 52 ppm. Textura: franco arenoso (arena gruesa, 42,0 %; arena fina, 22,5 %; limo, 17,0 %, y arcilla, 14,0 %). Drenaje: bueno.

PLANTAS

Cada toma se desglosó en raíz y parte aérea. Siempre que fue posible, ésta se desglosó a su vez en tallos, pedúnculos más trifolios, zona apical de crecimiento y pedúnculos más frutos.

Desde que se abonó (27 de marzo de 1971) hasta el 17 de abril, las plantas estuvieron en estado vegetativo. En la toma del 27 de abril (a los 30 días del abonado) había muchos capullos y pocas flores. Desde esta fecha hasta el 6 de junio (toma número ocho) la planta estuvo en floración, con un máximo en la toma del 28 de mayo. Desde el 6 de junio hasta el final la planta puede considerarse en madurez.

Las muestras se secaron a 70-80° C, moliéndose en un molino Culatti con luz de malla 1 mm. La mineralización se realizó por calcinación a 450° C en horno de mufla y los análisis se realizaron por espectrofotometría de absorción atómica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se exponen en las figuras 1 y 2. En la figura 1 se representa la distribución y evolución de ambos elementos en cada una de las partes de la planta, así como la producción total. En la figura 2 se representan las relaciones entre ambos elementos en cada parte, así como la proporción en que contribuye cada una de ellas en el total de producción de sustancia seca de la planta a lo largo del ciclo. Tanto para la parte aérea como para cada una de las partes en que ésta se desglosó, la producción de sustancia seca siguió el curso de una sigmoidea, cuya velocidad de producción en periodos de 10 días (intervalo entre cada toma) se representa asimismo en la figura 2.

CALCIO

Los valores medios de las concentraciones en este elemento de las diferentes partes de la planta son: pedúnculos más trifolios, 2,09 %; tallos, 0,83 %; zona apical de crecimiento, 0,70 %; pedúnculos más frutos, 0,67 %; frutos sin semillas, 0,92 %; semillas, 0,11 %; parte aérea entera, 1,46 %; raíz, 0,41 %. Las fluctuaciones de los valores en cada parte a lo largo del ciclo de la planta se representan en la figura 1.

Durante todo el ciclo la mayor concentración en calcio corresponde a los pedúnculos más trifolios y el menor a la raíz. Mientras que en esta última las concentraciones son prácticamente constantes, en los pedúncu-

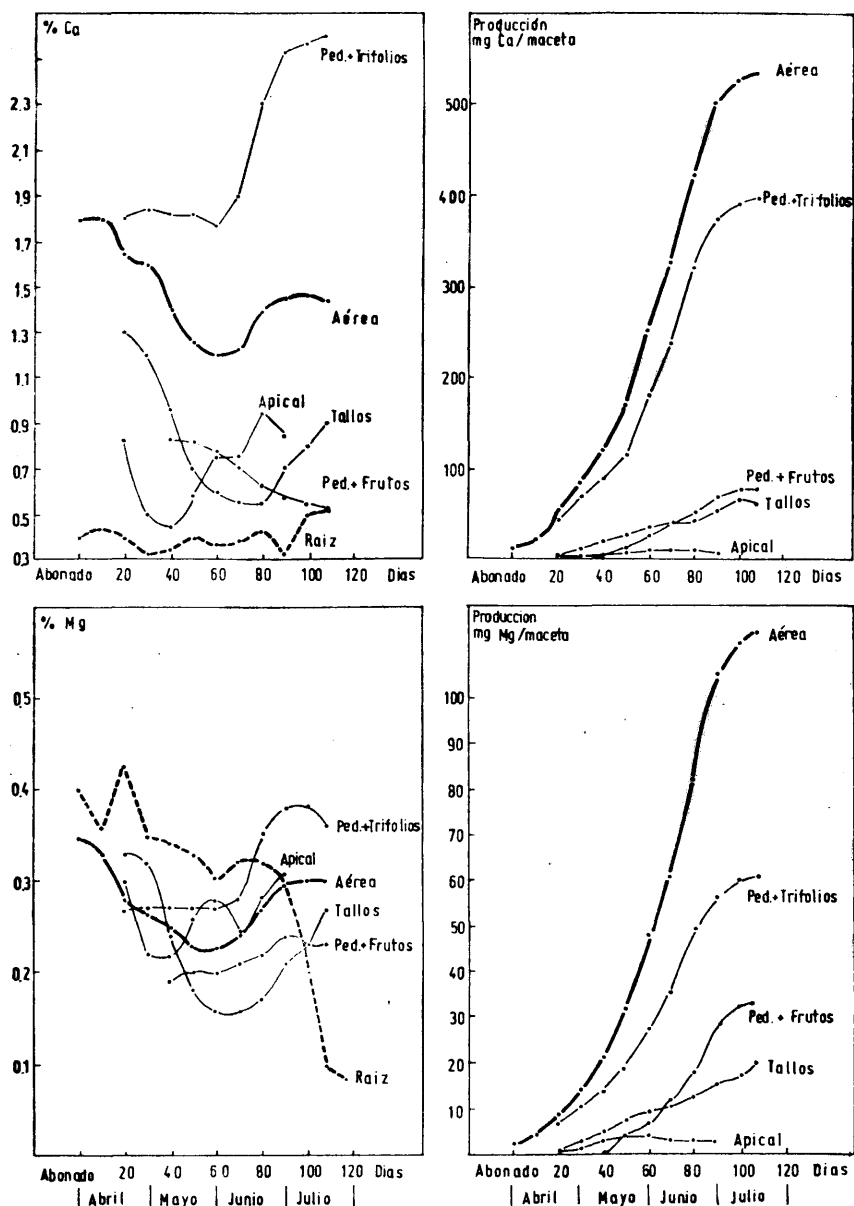


Fig. 1

los más trifolios aumentan considerablemente a partir de la máxima floración. Hasta los inicios de la floración la evolución de las concentraciones en este elemento en la zona apical de crecimiento y en los tallos son similares, divergiendo sus comportamientos durante la floración, siendo progresivamente ascendentes las concentraciones en la zona apical de crecimiento y descendentes en los tallos. Al formarse los primeros frutos, el comportamiento de la zona apical de crecimiento cambia el sentido de variación de sus concentraciones en calcio, pasando de ser descendente a ser ascendente. En los pedúnculos más frutos las concentraciones de calcio son paulatina y uniformemente descendentes desde el principio.

Admitido que el calcio es elemento prácticamente inmóvil en el floema cuando crece en medio nutritivo de concentración suficiente, lo cual indica su escasa o nula translocación, cabe suponer que el diseño de evolución de la concentración en calcio de la parte aérea total y cada una de sus partes es un efecto conjunto de dilución (velocidad de producción de sustancia seca mayor que velocidad de absorción del elemento) y variación de la relación pedúnculos más trifolios/tallos debido a la considerable diferencia en las concentraciones de ambas partes y la gran variabilidad de la relación de sus pesos en sustancia seca a lo largo del desarrollo del vegetal, fundamentalmente hasta llegar éste a la plena floración. Una vez pasada ésta, parece ser que la velocidad de absorción supere a la de producción de sustancia seca, lo que daría lugar al aumento en concentración del elemento en el período de los 70 a los 90 días. A los 90 días ha cesado prácticamente el crecimiento (no se pudieron separar ya zonas apicales de crecimiento), lo que hace que disminuya o se anule la absorción de calcio, con el consiguiente efecto de dilución, aunque muy pequeño ya, a los 108 días.

La relativa inmovilidad del elemento dentro de la planta una vez alcanzado el órgano donde realizar sus funciones propias, hace pensar que la mayoría (70-80 %) del calcio absorbido por la planta es transportado a las hojas, donde se va acumulando (véase producción en la figura 1). Hasta la plena floración, la afluencia de elemento a estos órganos compensa su velocidad de producción de sustancia seca manteniéndose la concentración. Una vez superada la plena floración (70 días), la velocidad de producción de sustancia seca desciende notablemente respecto al período anterior (figura 2), lo que da lugar al considerable aumento en la concentración de calcio que experimentan estos órganos entre los 70 y los 100 días. Este aumento de concentración de calcio en los pedúnculos más trifolios en esta fase del ciclo se justifica aún más si consideramos que las tomas en estos días están formadas por una proporción cada vez mayor de hojas viejas acumuladoras de Ca al no translocarse el elemento.

El tallo parece un mero vehículo del calcio para su distribución a los distintos órganos de la planta, fundamentalmente a las hojas. Mientras que la velocidad de producción de sustancia seca de este órgano sea positiva (hasta los 80 días, figura 2), ésta superará siempre a la velocidad de aporte de calcio de la planta al tallo, lo que da lugar al descenso en las concentraciones del elemento en este órgano. El aumento en la concentración a partir de los 80 días puede deberse a que la velocidad de producción de sustancia seca a partir de esta fecha es nula.

El suministro de calcio de la planta a los pedúnculos más frutos no

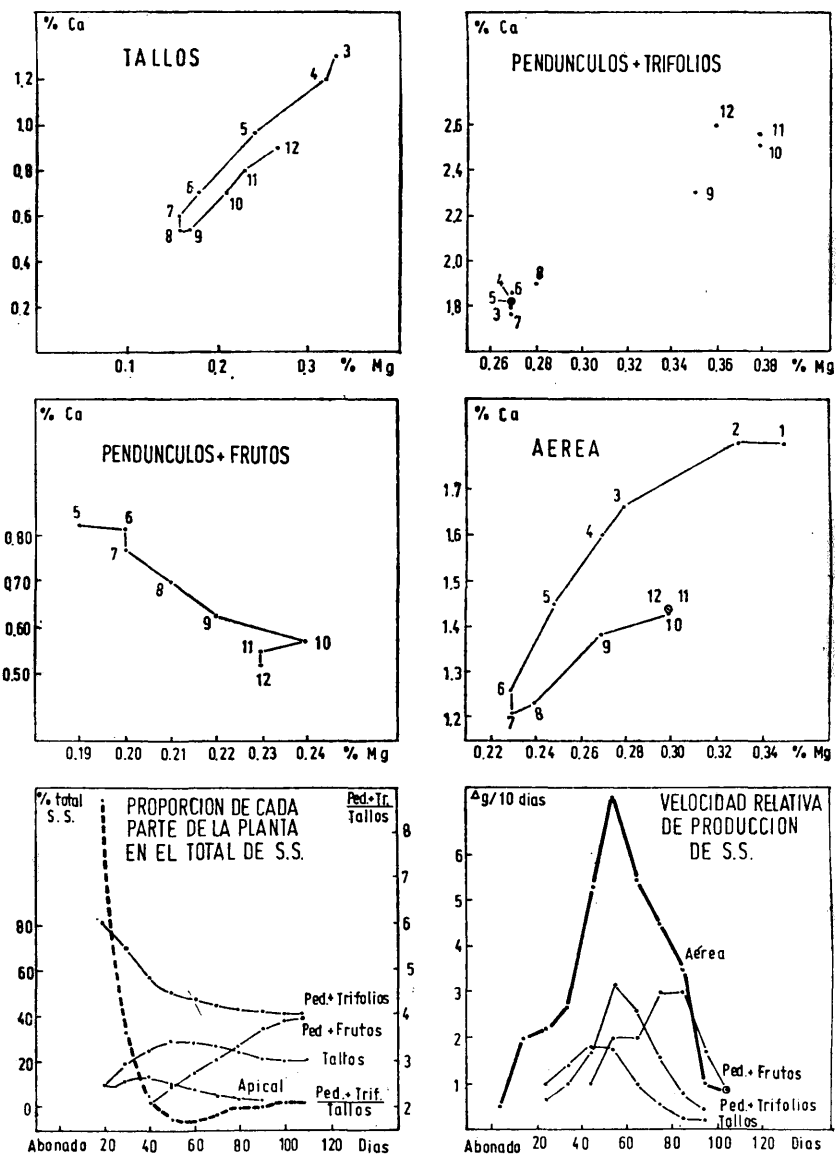


Fig. 2

compensa en ningún momento la velocidad de producción de sustancia seca de éstos, lo que justifica el descenso paulatino y uniforme de las concentraciones del elemento a lo largo del ciclo.

Las semillas que se sembraron dieron un contenido en Ca de 0,08 %, mientras que las que se recogieron en este experimento dieron 0,11 %. Estos valores indican claramente la pobreza en este elemento de las semillas de esta planta.

MAGNESIO

Los valores medios encontrados para este elemento a lo largo del cultivo son: pedúnculos más trifolios, 0,31 %; tallos, 0,23 %; zona apical de crecimiento, 0,26 %; pedúnculos más frutos, 0,22 %; frutos sin semillas, 0,14 %; semillas, 0,32 %; parte aérea total, 0,28 %; raíz, 0,29 %.

De acuerdo con los valores medios, son los pedúnculos más trifolios las partes de la planta que mayores concentraciones tienen en magnesio (similar a los de semillas); sin embargo, y a diferencia de lo que ocurría con el calcio, ello no es así en todo el ciclo de la planta sino a partir de los 80 días. Hasta esta fecha es la raíz el órgano de mayor contenido, descendiendo bruscamente en los siguientes días.

El comportamiento de este elemento es muy similar al del calcio considerando a la planta en su conjunto aéreo y en sus partes de pedúnculos más trifolios, zona apical de crecimiento y tallos. Diverge notablemente, hasta el punto de que su comportamiento es inverso, en pedúnculos más frutos, acumulándose paulatinamente el elemento en esta parte, sobre todo en las semillas donde supera netamente en contenido al calcio. En la raíz, asimismo, el comportamiento de ambos elementos difiere significativamente tanto en sus concentraciones en relación con las otras partes de la planta como en su evolución a lo largo del ciclo.

RELACIÓN ENTRE AMBOS ELEMENTOS

La similitud en las funciones biológicas realizadas por ambos elementos hace que haya de pensarse en una cierta relación entre los dos, bien sea en la proporción de sus concentraciones, bien sea en el modo de evolucionar a lo largo de la vida de la planta.

Los valores medios y extremos encontrados para la proporción de las concentraciones en calcio y magnesio (Ca/Mg) son: Pedúnculos más trifolios, 6,74 (6,55-7,24); tallos, 3,61 (3,23-4,05); zona apical de crecimiento, 2,65 (2,04-2,32); pedúnculos más frutos, 3,17 (2,26-4,26); frutos sin semillas, 6,57; semillas, 0,34; parte aérea total, 5,30 (4,76-5,92); raíz, 1,89 (0,91-5,55).

Se observa que son las semillas las únicas partes de las plantas que contienen una proporción inferior a la unidad. La raíz tiene un valor para la relación que oscila alrededor de la unidad hasta los 90 días (época en que puede considerarse que la planta deja de crecer), aumentando considerablemente en los días posteriores, llegando hasta el valor 5,55 en la última toma de muestra. Aunque los valores de la proporción Ca/Mg

difieren notablemente para las diversas partes de la planta, puede considerarse que en cada una de ellas se mantiene alrededor de su valor medio a lo largo del ciclo de la planta. Difieren notablemente de este comportamiento los pedúnculos más frutos donde la proporción es descendente desde el principio, correspondiendo el valor de 4,26 a la primera toma y el de 2,26 a la última. Los tallos tienen una proporción prácticamente constante hasta floración, sufriendo un ligero descenso en su valor durante ésta y manteniéndose posteriormente hasta el final. En la zona apical de crecimiento se observa un mínimo en los 40 días, fecha en que coincide la primera toma de pedúnculos más frutos.

En la figura 2 se ha representado la relación Ca-Mg para tallos, pedúnculos más trifolios, pedúnculos más frutos y parte aérea total. Tanto en la raíz como en la zona apical de crecimiento la relación no sigue ningún diseño en especial. En los tallos y parte aérea total la relación es lineal, directa y significativa, siendo descendente a medida que avanza el periodo vegetativo y de floración, tiene un punto de inflexión en el principio de maduración y se hace lineal y ascendente en el periodo posterior. En tallos, el coeficiente de variación (R^2) para el conjunto de valores en todo el ciclo es del 95 %, siendo similar en los periodos anteriores y posteriores a la plena floración con valores del 98 %. Para la parte aérea total, exceptuando las tomas 1 y 2, el valor del coeficiente de variación es del 42 %, siendo del 96 % para las muestras tomadas hasta máxima floración y desde ésta al final, por separado. En pedúnculos más trifolios los valores de ambos elementos son muy semejantes en las sucesivas tomas hasta principios de madurez, aumentando considerablemente a partir de ésta. En pedúnculos más frutos la relación es lineal, negativa y significativa (coeficiente de variación, R^2 , del 91 %), situándose los puntos dentro de la línea en orden a como se tomaron las muestras.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BIDDULPH, O.; BIDDULPH, S.; CORY, R., y KOONTZ, H., 1958: *Circulation patterns for phosphorus, sulphur and calcium in the bean plant*. Plant Physiol., 33, 293-300.
- (2) BIDDULPH, O.; CORY, R., y BIDDULPH, S., 1959: *Translocation of calcium in the bean plant*. Plant Physiol., 34, 512-519.
- (3) FLEMING, G. A., 1963: *Distribution of major and trace elements in some common pasture species*. J. Sci. Fd. Agric., 14, 203-208.
- (4) FLEMING, G. A., y MURPHY, W. E., 1968: *The uptake of some major and trace elements by grasses as affected by season and stage of maturity*. J. Br. Grassld. Soc., 23, 174-185.
- (6) KISELEV, V. E., 1961: Referat. Zh. Biol., 15, G58 (Biol. Abstr., 43, 7459 [1963]).
- (7) LEGGETT, J. E., y FRERE, M. H., 1971: *Growth and nutrient uptake by soybean plants in nutrient solutions of graded concentrations*. Plant Physiol., 48, 457-460.
- (8) MAAS, E. V., y OGATA, G., 1971: *Absorption of magnesium and chloride by excised corn roots*. Plant Physiol., 47, 357-360.
- (9) MILLIKAN, C. R., 1953: *Nutritional disorders in subterranean clover*. Dept. Agric. Vic. Tech. Bull. 11.

- (10) MILLIKAN, C. R., 1971: *Mid-season movement of ^{45}Ca in apple trees*. Aust. J. Agric. Res., 22, 923-930.
- (11) MILLIKAN, C. R., y HANGER, B. C., 1964: *Effect of calcium level in the substrate on the mobility of ^{45}Ca in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.)*. Aust. J. Biol. Sci., 17, 823-844.
- (12) MILLIKAN, C. R., y HANGER, B. C., 1965: *Effects of chelation and of certain cations on the mobility of foliar-applied ^{45}Ca in stock, broad bean, peas, and subterranean clover*. Aust. J. Biol. Sci., 18, 211-226.
- (13) MILLIKAN, C. R., y HANGER, B. C., 1966: *Movement of previously deposited ^{45}Ca in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) by foliar injections of certain cations*. Aust. J. Biol. Sci., 19, 1-14.
- (14) RATHORE, V. S.; BAJAJ, Y. P. S., y WITTWER, S. H., 1972: *Subcellular localization of zinc and calcium in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) tissues*. Plant Physiol., 49, 207-211.
- (15) RINNE, R. W., y LANGSTON, R., 1960: *Effect of growth on redistribution of some mineral elements in peppermint*. Plant Physiol., 35, 210-215.
- (16) RIRIE, D., y TOTH, S. J., 1952: *Plant studies with radioactive calcium*. Soil Sci., 73, 1-10.
- (17) STEUCKER, G. L., y KOONTZ, H. V., 1970: *Phloem mobility of magnesium*. Plant Physiol., 46, 50-52.
- (18) VLASYUK, P. A., y GRODZINSKII, A. M., 1958: Byull. Fiziol. Rast., 2, 38-42 (Biol. Abstr., 46, 3494 [1965]).
- (19) WHITEHEAD, D. C., y JONES, E. C., 1969: *Nutrient elements in the herbage of white clover, red clover, lucerne and sainfoin*. J. Sci. Fd. Agric., 20, 584-591.

MINERAL NUTRITION OF *TRIFOLIUM SUBTERRANEUM* L. var. TALLAROOK. DISTRIBUTION AND EVOLUTION OF CALCIUM AND MAGNESIUM CONTENT

SUMMARY

The distribution and evolution of calcium and magnesium content in *Trifolium subterraneum* L. var. *Tallarook* are studied. The plants were grown in pots kept in a glasshouse. Successive harvests were made at random at ten days intervals from April to July. All samples were separated into leaf with petiole, stem, apical meristem, petiole with fruit and root. The results are discussed.